



DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE LA ILUMINACIÓN
INTERIOR DE ESPACIOS ESCOLARES EN FUNCIÓN DE LA
PROPORCIÓN VANO MURO: 2 CASOS DE ESTUDIO EN LA UAM
AZCAPOTZALCO**

Francisco Ramírez Rodríguez

Tesis para optar por el grado de Maestro en Diseño
Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática

Miembros del Jurado:

Mtro. Salvador Islas Barajas
Director de la tesis

Dr. José Roberto García Chávez
Co-Director de la tesis

Dr. Jorge Sánchez de Antuñano

Mtra. Rocío Elena Moyo Martínez

Dr. Rodrigo Ramírez Ramírez

Dr. Ricardo Aguayo González

Mtro. Alejandro Díaz Báez

Ciudad de México, Marzo de 2017.

Con todo mi amor a:

Mis hijos:

Michelle

Porque tu presencia **ilumina** cada aspecto de mi vida, llenándola de alegría y deseos de seguir avanzando para nunca darme por vencido.

Mauri

Porque tu sola existencia, es la **luz** que me impulsa a seguir luchando incluso en los momentos más difíciles.

Mis padres:

Rossy

Porque eres el destello de **luz** que me indica la dirección que debo seguir, cuando las encrucijadas de mi vida se hacen presentes.

Pedro

Porque gracias a tu esfuerzo y dedicación, has **iluminado** mi existencia brindándome las herramientas necesarias para superarme.

Mis hermanas:

Vero

Porque tus sabios consejos son la **luz** que me muestran una y otra vez una diferente perspectiva para nunca perder de vista mi verdadera esencia.

Jéssica

Porque tu amor y tu apoyo han sido siempre tan importantes para mí, que **iluminan** mi camino y lo llena de fuerza y esperanza.

Mi Maestro:

Sri Sri Ravi Shankar

Por ser mi principal guía en ésta gran aventura llamada VIDA. Gracias maestro por mostrarme, con tu **luz**, que hay cosas más importantes que todo el dinero y el respeto que una persona pueda tener. JGD.

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Autónoma Metropolitana y a mis profesores por formarme durante mis estudios de maestría.

Al Dr. José Roberto García Chávez, por su apoyo incondicional en cada momento de mi estancia en la UAM. Gracias por su guía y por compartir sus conocimientos de manera tan franca y abierta.

A Evelyn Santiago Franco, ya que sin su constante apoyo e insistencia, ésta tesis se enriqueció de manera definitiva. Gracias por nunca dejarme caer y ser un gran pilar en mi vida.

Al Mtro. Salvador Islas, por su guía y apoyo en el desarrollo de ésta tesis.

A Daniel, Luis, Karen, Erick y Anaís. Por su valiosísima amistad.

A mis compañeros de maestría. Porque de cada uno de ustedes me llevo una valiosísima enseñanza.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la calidad de la iluminación natural en aulas escolares de acuerdo a la proporción vano-muro. Para ello, se tomaron como objetos de estudio dos aulas de la UAM Azcapotzalco (Edificio "F" aulas 004 (planta baja) y 205 (2º nivel)), tomando en cuenta todos los factores que intervienen la incidencia de la luz natural hacia el interior del aula: reflectancia de los materiales, transmitancia de los cristales, dimensiones, alturas, características del entorno inmediato, etc.

La iluminación natural juega un papel preponderante en nuestra vida cotidiana. Sabemos inclusive que sin la luz proveniente de nuestro astro rey, la vida no sería posible en este planeta. Es por eso que en los últimos años, arquitectos y otros profesionales responsables de la construcción de edificios, han retomado el reto de iluminar eficientemente cualquier obra arquitectónica, después de toda una época de letargo en materia de iluminación natural, surgida a causa del mejoramiento y optimización de los equipos de iluminación artificial a partir de los años 60's.

Para evaluar diferentes proporciones de vano, se elaboró una maqueta a escala 1:20, calibrada de acuerdo a las características del aula real. Siendo la maqueta una herramienta más práctica para evaluar las diferentes proporciones, se optó por proyectar en la misma, diferentes proporciones con diferentes patrones, tomando en cuenta los factores que intervienen en la determinación de la CALIDAD en la iluminación incidente hacia el interior de las aulas. Es así como se elaboraron tres patrones:

- 1) Patrón tipo "A": vano horizontal de lado a lado, siendo la altura del mismo modificada por cada proporción del centro hacia afuera.
- 2) Patrón tipo "B": vano horizontal de lado a lado, siendo la altura del mismo modificada por cada proporción de arriba hacia abajo.
- 3) Patrón tipo "C": tres vanos verticales distribuidos de manera equidistante en sentido horizontal del muro, y respetando el antepecho existente. La proporción de cada muro es modificada por la anchura de dichos vanos.

Después de experimentar con las diferentes proporciones de vano, se concluye que hay proporciones vano-muro que tienen un mejor desempeño dependiendo el patrón que se esté estudiando, y que no necesariamente una mayor entrada de luz natural al interior de cualquier local se traduce en una mejor calidad de iluminación natural, ni en un mejor desempeño en el confort visual de un espacio.

También se concluye que no basta con tomar en cuenta sólo la cantidad de luz natural que ingresa a un aula, ni tampoco la iluminancia por sí sola, sino que hay parámetros que no son tomados en cuenta y que son determinantes a la hora de evaluar la calidad en la luz natural. Sin embargo, la iluminación no es la óptima en el aula real, ya que hay áreas de oportunidad que pueden mejorarse.

Esta investigación queda como un precedente importante en esta materia ya que sienta las bases de una nueva forma de evaluar la calidad de iluminación natural en aulas escolares.

INDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Introducción	1
--------------	---

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES

2.1. Planteamiento del problema	9
2.2. Justificación	10
2.3. Objetivos	10
2.4. Hipótesis	11
2.5. Metas	12

CAPÍTULO 3: CALIDAD EN LA ILUMINACIÓN NATURAL

3.1. La visión	15
3.1.1. Fisiología del ojo	17
3.1.2. Tipos de visión	18
3.1.3. Factores fisiológicos que intervienen en la visión	20
3.2. Propiedades lumínicas en un espacio	24
3.2.1. Iluminancia	25
3.2.2. Deslumbramiento	26
3.2.3. Reflectancia	31
3.2.4. Luminancia	31
3.2.5. Contraste	32
3.2.6. Uniformidad	35
3.2.7. Conclusion	37

CAPÍTULO 4: IMPORTANCIA DE LA LUZ NATURAL

4.1. Breve historia de la utilización de la Luz Natural en la Arquitectura	41
4.2. El Ciclo Circadiano	46
4.3. Efectos Positivos de la Luz Natural en los Usuarios	49
4.3.1. Longitudes de onda de la luz	51
4.3.2. Iluminación natural en escuelas y universidades	52
4.3.3. Conclusión	57

CAPÍTULO 5: PROPORCIÓN VANO – MURO	58
5.1. Aprovechamiento de la proporción vano – muro para una iluminación eficiente	61
5.1.1. Forma del edificio y su envolvente	62
5.1.2. Ventanas y acristalamiento	64
5.2. Determinación del área neta de acristalamiento	68
5.3. Elección del acristalamiento	71
5.3.1. Proceso de selección	73
 CAPÍTULO 6: FACTOR DE LUZ DE DÍA	 75
6.1. Tipos de cielo	77
6.2. Factor de obstrucción	79
6.3. Cálculo de la viabilidad de la luz natural	80
6.4. Fórmulas de cálculo para el factor de luz de día (FD)	81
6.4.1. Método del flujo dividido	82
6.4.2. Fórmula estándar utilizada para los cálculos realizados en la presente investigación	83
 CAPÍTULO 7: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	 85
7.1. Casos de estudio	86
7.1.1. Ubicación	88
7.2. Medición	91
7.2.1. Descripción del equipo de medición	91
7.2.2. Condiciones de medición	93
7.2.3. Medición de luminancias	94
7.2.4. Descripción del equipo fotográfico	94
7.3. Diseño, construcción y evaluación de la maqueta	95
7.3.1. Diseño y construcción de la maqueta	95
7.3.2. Reflectancia de los materiales	98
7.3.3. Calibración de la maqueta	99

7.4. Determinación de la reflectancia de los materiales	104
7.4.3. Transmitancia de los cristales en los casos de estudio	106
7.5. Mediciones en espacios reales	107
7.6. Experimentación con propiedades vano – muro	118
7.7. Análisis e interpretación de resultados	135
7.7.1. Elaboración y diseño de hoja de cálculo	135
7.7.2. Resultados obtenidos según la hoja de cálculo por porcentaje de vano-muro	140
7.6.3. Resultados finales	186
 CONCLUSIONES	 188
 GLOSARIO	 192
 FUENTES	 198
 CURRÍCULUM VÍTAE	 208

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Entorno bien iluminado y con vistas hacia elementos naturales	3
Figura 2.	Importancia de encontrar la proporción vano – muro	6
Figura 3.	Espectro electromagnético	11
Figura 4.	Formación de imágenes en el ojo	17
Figura 5.	Curva de eficiencia luminosa en los diferentes tipos de visión (escotópica y fotópica)	18
Figura 6.	Esquema sobre la calidad de la iluminación natural	24
Figura 7.	La iluminancia	25
Figura 8.	Tipos de deslumbramiento según su origen	28
Figura 9.	La luminancia	32
Figura 10.	Elección de hábitat en el Paleolítico	40
Figura 11.	Templo de Luxor	41
Figura 12.	Pirámide de Kukulcán en el equinoccio de primavera	42
Figura 13.	El Panteón de Agripa	43
Figura 14.	Interacción de luz natural y vitrales en catedral gótica	44
Figura 15.	El Ciclo Circadiano	45
Figura 16.	Ritmo vigilia – sueño en curso libre	46
Figura 17.	Secreción de melatonina en enfermeras del turno de noche	47
Figura 18.	Longitudes de onda del espectro electromagnético	50
Figura 19.	La lectura como estrés visual para un estudiante	53
Figura 20.	Comparativa de resultados en aprovechamiento entre la escuela Four Oaks y las del Condado de Johnston	55
Figura 21.	Influencia de la proporción vano-muro de acuerdo a su Ubicación	59
Figura 22.	Corte de un local que integra un muro con profundidad	61
Figura 23.	Profundidad ideal de un local para asegurar una buena iluminación natural	62
Figura 24.	La abertura efectiva	63

Figura 25.	Distribución luminosa de ventanas ubicadas cerca de la superficie de un local	65
Figura 26.	Curvas de distribución luminosa según la orientación de Las ventanas	66
Figura 27.	Método para determinar el ángulo vertical del cielo	68
Figura 28.	Ideal espectral de un acristalamiento	70
Figura 29.	Clasificación del cielo según CIE	76
Figura 30.	Factores de obstrucción	77
Figura 31.	Componentes que intervienen en el método de flujo dividido	81
Figura 32.	Ubicación de la UAM Azcapotzalco y las aulas objeto de estudio	85
Figura 33.	Planta representativa de las características del aula F004	87
Figura 34.	Planta representativa de las características del aula F205	87
Figura 35.	Corte de las aulas F004 y F205	88
Figura 36.	Imagen del equipo de medición	89
Figura 37.	Ubicación de los puntos de medición dentro del espacio	93
Figura 38.	Equipo fotográfico para captura de imágenes	94
Figura 39.	Datos métricos de los lentes	95
Figura 40.	Evaluación de las reflectancias de los materiales a usar en el modelo a escala	98
Figura 41.	Diferentes proporciones de vano-muro en maqueta	99
Figura 42.	Laboratorio de cielo artificial, UAM Azcapotzalco	100
Figura 43.	Maqueta evaluada en el laboratorio de cielo artificial	95
Figura 44.	Mediciones para determinar las reflectancias de los materiales interiores de las aulas reales	104
Figura 45.	Reflectancias de los materiales interiores	105
Figura 46.	Mediciones para determinar las reflectancias de los materiales exteriores de las aulas reales	105
Figura 47.	Reflectancias de los materiales exteriores	106
Figura 48.	Esquema comparativo de las condiciones de luminancia real en ambas aulas	109

Figura 49.	Distribución de los puntos de medición y lecturas del aula F004	110
Figura 50.	Gradiente de distribución lumínica en aula F004	110
Figura 51.	Factores de día por cada punto del aula F004	111
Figura 52.	Corte 1 del Factor de día. Aula F004	111
Figura 53.	Cortes 2 y 3 del Factor de día. Aula F004	112
Figura 54.	Cortes 4 y 5 del Factor de día. Aula F004	113
Figura 55.	Factores de día por cada punto del aula F205	114
Figura 56.	Gradiente de distribución lumínica en aula F205	114
Figura 57.	Cortes 1 y 2 del Factor de día. Aula F205	115
Figura 58.	Cortes 3 y 4 del Factor de día. Aula F205	116
Figura 59.	Corte 5 del Factor de día. Aula F205	117
Figura 60.	Hoja de llenado de datos	135
Figura 61.	Segunda página de hoja de cálculo	136
Figura 62.	Tercera página de la hoja de cálculo	137
Figura 63.	Cuarta página de la hoja de cálculo de Excel	138
Figura 64.	Hoja de interpretación de resultados	139

INDICE DE TABLAS

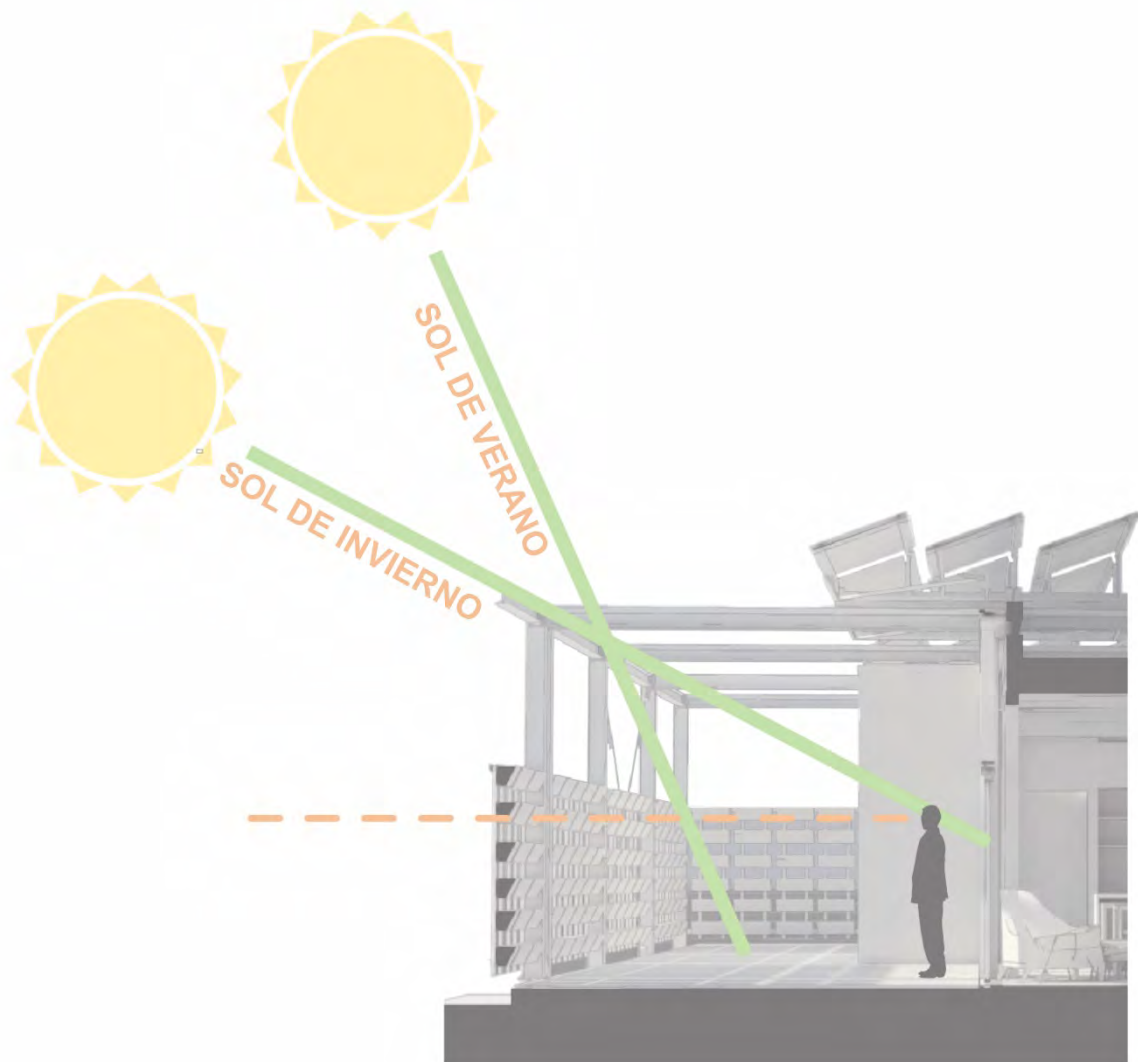
Tabla 1.	Preferencia de luz natural y artificial para diferentes Factores	5
Tabla 2.	Diferencias entre las visiones fotópica y escotópica	19
Tabla 3.	Lista de indicadores de calidad en iluminación natural	23
Tabla 4.	Máxima relación de luminancia admisible	27
Tabla 5.	Aspectos importantes a tomar en cuenta en el análisis del contraste	35
Tabla 6.	Síntomas del trastorno afectivo estacional	38
Tabla 7.	Circunstancias que apoyan el uso de la fototerapia	39
Tabla 8.	Acristalamientos típicos con sus transmitancias visibles	78
Tabla 9.	Detalles técnico-lumínicos de los luxómetros EXTECH HD450	89
Tabla 10.	Detalles de las tomas fotográficas	94
Tabla 11.	Mediciones del aula F004, y del modelo a escala que lo representa	101
Tabla 12.	Mediciones del aula F205, y del modelo a escala que lo representa	102
Tabla 13.	Criterios de evaluación de calidad en iluminación natural	139
Tabla 14.	Resultado del análisis de calidad del aula F004	162
Tabla 15.	Resultado del análisis de calidad del aula F205	185

“Los arquitectos que planean habitaciones hoy en día, se han olvidado de su fe en la luz natural. Dependiendo del toque de un dedo en un switch, quedan satisfechos con la luz estática, y se olvidan de las infinitas cualidades cambiantes de la luz natural, en el que una habitación, es una habitación diferente cada segundo del día”

Louis Kahn

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Afortunadamente, la pureza de las formas en la arquitectura que radica en la belleza de la luz, tiene permanencia, proporcionando una oportunidad infinita al arquitecto de iluminación para aprender de ella y llenar cada rincón de las estructuras de luz natural
Daniela Arceo (Arch Daily, 2012)

La iluminación natural es una fuente de espectro completo a la cual se adapta la visión humana. Recientes estudios demuestran que una adecuada iluminación natural, puede aumentar la productividad de los usuarios, disminuir los lapsos de enfermedad, y hasta aumentar los niveles de ventas (Environmental Building News, 1999). Y es que la luz natural tiene dos grandes beneficios: mejorar la calidad de luz en el espacio, y reducir el consumo de energía eléctrica.

Más importante aún, es el hecho de que la luz natural provee una tremenda cantidad de beneficios psicológicos a los ocupantes de los edificios, hecho que debería de ser el principal argumento que se podría utilizar para defender el uso de la iluminación natural en los edificios. Esto sin mencionar lo que ya por naturaleza, afecta la privación de ésta importante fuente de luz en la salud de los seres vivos.

Desde tiempos inmemoriales, el tener espacios bien iluminados ha sido un factor importante a considerar en la vida de los seres humanos. Desde el Paleolítico, donde los primeros vanos incorporados a las construcciones fabricadas por el hombre, dotaban de iluminación y ventilación a los espacios interiores; y pasando por importantes “culturas madre” como la Egipcia, la Griega y la Romana; la iluminación natural, lejos de ignorarse o prescindir de ella tal como lo hicieron recientemente algunas tendencias arquitectónicas contemporáneas, era incorporada como un elemento tanto estético como funcional en la arquitectura predominante de cada época.

Como podemos apreciar, la iluminación natural en la arquitectura, siempre ha sido un factor importante que tiene una trascendencia vital en el diseño y la construcción de todo

tipo de edificaciones. Sin embargo, en el siglo XX, específicamente en los años 60's ésta relación: luz natural-arquitectura, se vio opacada con los avances tecnológicos en materia de iluminación artificial. De repente, los arquitectos y proyectistas de todo el mundo pensaron que podrían prescindir de este importante elemento y sustituirlo con equipos de luz artificial de alto desempeño. Especialmente en los edificios escolares (donde la antigua creencia de que una vista hacia un entorno verde e iluminado, constituía una distracción para el alumno), se optó por prescindir de ventanales amplios y generosos, siendo éstos sustituidos por aulas con poca incidencia de luz natural, con el fin de cubrir las vistas hacia el exterior.



Figura 1: La antigua creencia de que una vista hacia un entorno verde e iluminado, constituía una distracción para el alumno, contribuyó a que se prescindiera de ellas en la arquitectura escolar. (Imagen: Quirk, 2013)

Los edificios escolares son de vital importancia no sólo en México sino también a nivel internacional. Los niveles de educación son un referente del nivel de vida y del desarrollo de un país, por lo que la construcción de edificios para dicho fin, es de vital importancia para mejorar la calidad de los profesionistas que egresan de las universidades. No basta simplemente con tener oferta educativa diversa, sino que cada día toma mayor grado de importancia el rendimiento de los alumnos, así como la calidad en la enseñanza que

brinda la planta docente. Mientras que países como Suiza, Singapur y Finlandia ocupan los primeros lugares en calidad educativa básica, en 2014, México fue ubicado en la posición 107 en la variable “Calidad del Sistema Educativo”, por abajo incluso de países como Chile, Panamá y Costa Rica. Esto según un estudio realizado por el Foro Económico Mundial (WEF por sus siglas en inglés).

Esta deficiencia se le atribuye a un sinnúmero de razones: deficiencias en la calidad de los docentes, en instalaciones, etc., últimamente se han realizado estudios que demuestran que uno de los factores (en cuanto a instalaciones se refiere) que más influye en el rendimiento de los estudiantes, es la óptima iluminación natural de las aulas. Sylvia Schmelkes (1994), en su artículo titulado *Hacia una Mejor Calidad de Nuestras Escuelas*, menciona lo siguiente: “Para que ocurra sin muchos tropiezos un proceso de aprendizaje real, es necesario contar con un ambiente que lo propicie. El ruido excesivo, la falta de iluminación o ventilación, la forma en la que están acomodadas las bancas, la falta de limpieza, son todos ellos obstáculos al aprendizaje”. Es por esto que el presente estudio busca mejorar la calidad de la iluminación natural en aulas escolares de acuerdo a la proporción vano-muro, con el fin de dejar un precedente para futuros estudios de iluminación natural, y establecer información útil para la adecuación o enriquecimiento de las normas en esta materia.

Cobra vital importancia el que los espacios sean confortables al interior del edificio para lograr un mejor desempeño de los usuarios que en ellos realizan actividades tan diversas que van desde la simple lectura, hasta tareas que requieren un mayor esfuerzo, especialmente visual.

La luz natural, no es más que otra fuente de radiación electromagnética en el rango visible. Actualmente, existen equipos de iluminación artificial que claramente se acercan al espectro lumínico de la iluminación natural, sin embargo, y a pesar de los avances tecnológicos en esta materia, aún no se han creado luminarias que nos den el mismo rango tanto de color como de ambientación que nos ofrece la luz proveniente del sol, a

las diferentes horas del día, y tomando en cuenta otras variables como las estaciones del año y las condiciones meteorológicas (Boyce et al., 2003).

Fisiológicamente, la luz natural se convierte en un efectivo estimulante para el sistema visual humano y el ciclo circadiano. De hecho, el rendimiento de ambos tipos de labores, visuales y no visuales, serán afectados por la interrupción de dicho ciclo, que incluso genera problemas de salud a largo plazo.

En el aspecto psicológico, es claro que la iluminación natural, combinada con una vista hacia el exterior, son altamente deseados. En un estudio hecho por Heerwagen y Heerwagen (1986) en Estados Unidos, demuestran que la mayoría de las personas prefieren en gran medida la iluminación natural a la artificial en diferentes aspectos que van desde el confort psicológico, hasta la estética visual tanto de las personas como del mobiliario. Incluso descubrieron en éste mismo estudio, una preferencia de los usuarios a sentarse junto a una ventana. Los resultados arrojados, coinciden en gran manera a aquellos estudios realizados por Wells (1967), Manning (1967), y Markus (1967) en Inglaterra; Veitch (1993) en Canadá y Cuttle (2002) en Nueva Zelanda.

FACTOR	PREFERENCIA LUZ NAUTRAL	PREFERENCIA LUZ ARTIFICIAL	INDIFERENTE	ABSTENCIÓN DE OPINAR
PARA CONFORT PSICOLÓGICO	88	3	3	6
PARA CONFORT LABORAL	79	0	18	3
PARA SALUD EN GENERAL	73	3	15	8
PARA SALUD VISUAL	73	9	9	9
PARA APARIENCIA CROMÁTICA DE PERSONAS Y MOBILIARIO	70	9	9	12
PARA DESEMPEÑO LABORAL	49	21	27	3
PARA TRABAJOS QUE REQUIEREN OBSERVACIÓN FINA	46	30	18	6

Tabla 1. Porcentaje de ocupantes que prefieren iluminación natural o artificial para diferentes factores. (Elaboración propia con base en Heerwagen & Heerwagen, 1986).

Dos de los parámetros que se toman en cuenta en la Arquitectura Bioclimática son el confort visual y el confort lumínico que, cabe mencionar, van de la mano, especialmente en las actividades educativas y laborales. Para ello, es de vital importancia tomar en cuenta la proporción vano-muro ideal, que permita no sólo el ingreso de la cantidad de luz natural suficiente para efectuar todo tipo de tareas que demandan las actividades antes mencionadas, sino también la calidad de la misma. Los contrastes de luz, el deslumbramiento y la reflectancia serán los ejes rectores que nos indiquen el camino que hay que seguir para encontrar la mejor solución cualitativa a un espacio destinado a un tipo específico de labores.

Encontrar la proporción ideal vano-muro en edificios escolares para aulas en la Ciudad de México a través de un parámetro o una fórmula en común para edificios de éstas características, es el tema principal que se desarrolla en la presente investigación.

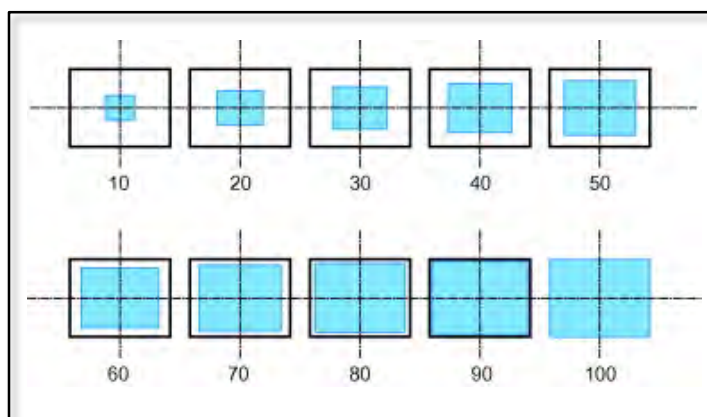


Figura 2: Encontrar la proporción ideal vano-muro (WWR, por sus siglas en inglés), es uno de los elementos más importantes a tomar en cuenta para lograr una óptima iluminación natural hacia el interior del edificio. (Ochoa, et. al., 2012)

Una de las principales motivaciones para la realización de esta investigación, fue la necesidad de demostrar que la incidencia de luz natural hacia el interior de las aulas varía no sólo en cantidad sino también en calidad, y que ésta última es quizás, el parámetro más importante a tomar en cuenta a la hora de proyectar edificios para fines

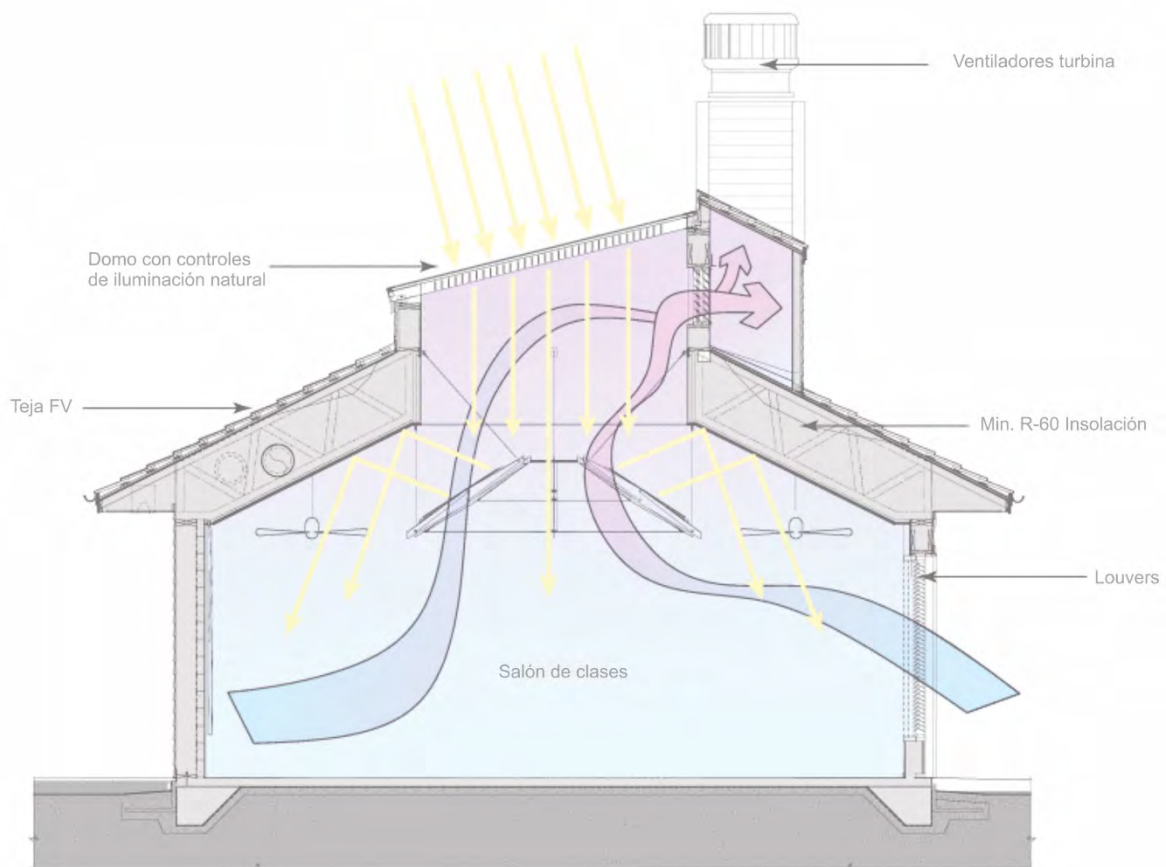
educativos. Dicha necesidad surge de la tendencia general de muchos arquitectos a no tomar en cuenta los posibles beneficios, e incluso los elementos negativos que la luz natural misma puede representar a la hora de proyectar un edificio desde las primeras etapas de diseño. Desafortunadamente, existe una gran ignorancia en este tema y es por lo mismo que en la actualidad existen ejemplos de edificios educativos muy estéticos, pero con un desempeño lumínico muy pobre. Más aún, es importante tomar en cuenta que la luz natural influye inclusive en la salud del usuario de manera tan decisiva, que muchas veces es el factor que hace la diferencia entre un alumno sano y uno enfermo.

Incluso se puede mencionar que el adecuado acristalamiento de los salones de clases, trae consigo un valor agregado, ya que permiten también tener una vista hacia el exterior, y si éstas vistas son hacia elementos naturales, lejos de traducirse en una distracción para el alumno, es un elemento que se ha demostrado, aumenta su desempeño.

Para la realización de esta investigación se tomaron dos aulas de la UAM Azcapotzalco como casos de estudio, debido a la factibilidad y disposición de las mismas, y a la conveniencia de tener un laboratorio de cielo artificial en las instalaciones del mismo campus. Para la utilización de dicho laboratorio, se realizó una maqueta que estuviera calibrada con el aula física real, con el fin de hacer más fácil el proceso de experimentación de la presente investigación.

CAPÍTULO 2:

ANTECEDENTES GENERALES



CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES

La arquitectura es el juego sabio, correcto y magnífico, de formas ensambladas en la luz.

Le Corbusier (Hacia una arquitectura, 1977)

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de que comúnmente gobiernos de todo el país apoyan la construcción de instituciones de todos los niveles educativos, lo cierto es que no siempre los resultados son los ideales, y en algunos casos son verdaderamente lamentables, ya no se diga en los niveles de iluminación natural, sino en el resultado constructivo mismo.

Es de vital importancia considerar que los tipos de confort más relevantes en obras de ésta naturaleza, son los destinados a lograr un nivel lumínico y visual adecuado.

Aun tomando una actitud positiva al respecto, hay muchos elementos que influyen en la adecuada distribución luminosa al interior de un recinto. La altura del plafón, la forma de las edificaciones, las superficies reflejantes interiores, la orientación y la misma disposición de los muebles salen a relucir. Sin embargo, como nuestro estudio se centra principalmente en edificios de carácter educativo, y más aún, en aquellos destinados a aulas, los parámetros para encontrar la relación ideal vano-muro son más factibles de resolver puesto que se trata de una actividad cuyo lenguaje arquitectónico es similar en muchos sentidos. Se trata de hallar las mejores condiciones de calidad de la iluminación desechando la lógica de autoridades y gobierno de brindar más cantidad que calidad.

Claro está que estas variables varían mucho de país en país, y más aún de región en región, por lo cual, en esta investigación se eligió como ejemplo a la Ciudad de México para la realización de estas pruebas.

2.2. JUSTIFICACIÓN

El confort lumínico dentro de un espacio es pocas veces considerado como un elemento que pueda resolverse de manera ideal, y mucho menos desde la fase de diseño. La solución más común a dicha problemática es el uso de luminarias que compensen la falta de iluminación natural al interior de un recinto, o en caso contrario, la instalación de elementos adicionales que no se tenían contemplados, si existe un exceso en el nivel lumínico natural, que se traduce en problemas de deslumbramiento y contraste elevados. Sin embargo, esto conlleva al uso innecesario de más energía eléctrica y materiales que bien podrían ahorrarse si existiera una adecuada relación vano-muro.

Este estudio se basa en vanos verticales (en el muro), debido al hecho que son los más comunes en cualquier tipo de arquitectura. Sin embargo, como ya lo mencionamos anteriormente, los proyectistas no toman en cuenta qué porcentaje de ventana es el ideal para lograr un nivel de iluminación eficiente.

Si tan sólo el proyectista contara con un dato general de dimensión, porcentaje o relación, sería más factible que lo tomara en cuenta y pudiera considerarlo desde la fase de diseño.

2.3. OBJETIVOS

- 1) Comprobar si la calidad en la iluminación al interior de dos aulas específicas en la UAM Azcapotzalco es la ideal, de acuerdo a la proporción vano-muro, y considerando las características físicas de dicho espacio.
- 2) Establecer información útil para, en su caso la adecuación o enriquecimiento de la norma (reglamento D. F.)
- 3) Dejar un precedente para futuros estudios de iluminación natural, con características similares a las ya expuestas.

2.4. HIPÓTESIS

Considerando los factores que se toman en cuenta para determinar la calidad en la iluminación de un espacio, la posición y proporción de vanos en aulas con iluminación natural lateral es un factor de calidad de iluminación interior más determinante que la iluminancia en el plano de trabajo, y es determinante para mejorar el confort lumínico y visual de los ocupantes. La posición de las ventanas dentro de aulas con iluminación natural y su altura con respecto al entorno, son elementos determinantes para lograr un ambiente luminoso equilibrado en términos de luminancia e iluminancia.

La luz que nos brinda el sol es un factor tan importante, que muchos especialistas coinciden en que sin este tipo de luz, la vida no sería posible en nuestro planeta. Pero surge la pregunta: ¿Qué es la luz? Según la Real Academia Española de la Lengua, la luz se define como la parte del espectro electromagnético que es visible al ojo humano. El rango que abarca es entre 380 y 780 nanómetros.

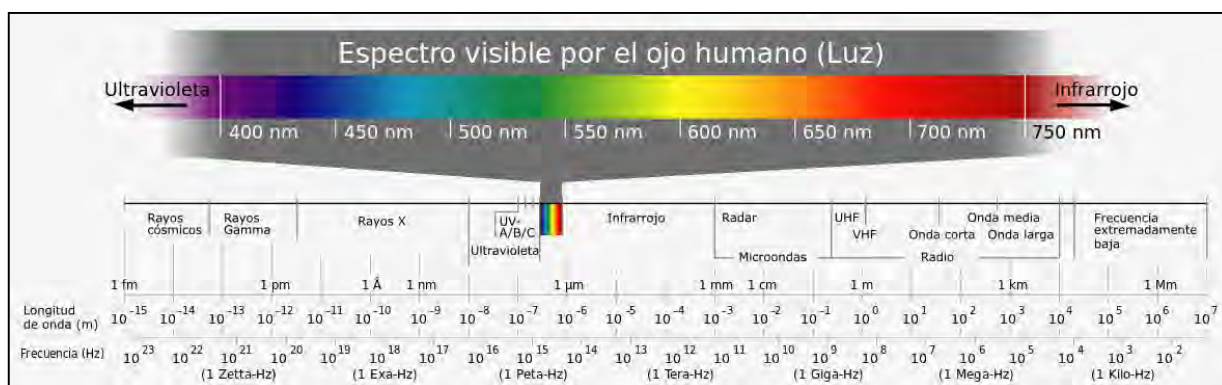


Figura 3: Espectro electromagnético (Medina, 2014)

La luz ha sido de vital importancia para el ser humano desde los inicios de su existencia. Es, y siempre ha sido un objeto de obsesión y fuente de inspiración para el hombre. Así lo expresan diferentes expresiones en la historia del arte. En arquitectura, la mayoría de las culturas antiguas, proyectaban sus edificios en concordancia con la trayectoria del

sol en las diferentes estaciones del año. Muchos de los sitios arqueológicos fueron diseñados de tal manera que cuando los rayos solares se encuentran con algunas de sus construcciones, le brindan al observador un espectáculo de singular belleza y complejidad, difícil de reproducir sin importar los avances tecnológicos existentes en la actualidad. Artistas de diferentes épocas, han encontrado en la luz natural, un verdadero reto al querer plasmarla en sus obras. Más aún, el sol es un elemento tan importante que culturas como la azteca, la egipcia, y la japonesa, entre muchas otras, lo han considerado una importante deidad, la más importante.

Una vez llegado el siglo XX, sin embargo, surgió un problema a partir de los años sesentas. Como ya lo mencionamos anteriormente, en los edificios educativos construidos antes de ésta época, el factor de iluminación natural era de vital importancia para el diseño de los mismos. A partir de la década antes mencionada, y a causa de los avances tecnológicos, se optó por construir aulas con menor incidencia de luz natural hacia el interior, ya que se creía que esa falta de iluminación podría “compensarse” con el uso de luz artificial al interior de las aulas. Sin embargo, y gracias a los estudios que surgieron a partir de la década de los ochentas, se comprobó, que la iluminación natural era irremplazable (Meek, Van den Wymelenberg, 2012). Dichos estudios demuestran de manera contundente que el organismo de una persona, así como sus actitudes y conductas, son influenciadas en gran medida a la exposición o privación de la luz solar.

2.5. METAS

Encontrar un parámetro o fórmula de diseño lumínico natural ideal para edificios educativos para la ciudad de México con el cielo de diseño adecuado para este medio, que permita encontrar la proporción ideal vano-muro (WWR).

Los resultados de este estudio servirán como precedente, y marcarán un paso más hacia la búsqueda del equilibrio en los factores de calidad de la iluminación natural en aulas escolares.

Al efectuar el análisis del equilibrio de los factores de calidad de la iluminación y con ello encontrar la proporción ideal vano-muro, la información puede ser un referente académico y profesional para el análisis de la iluminación natural y el diseño arquitectónico para el medio en que este estudio se desarrolla.

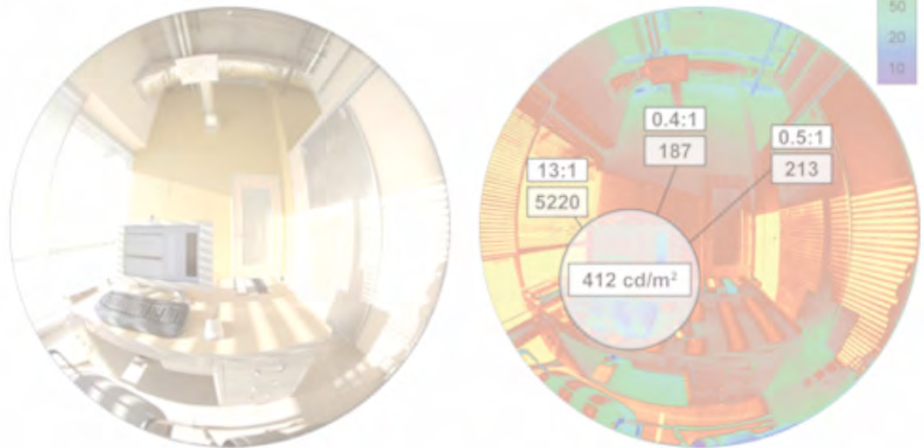
CAPÍTULO 3:

CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL

Preferable



Just Disturbing Glare



CAPÍTULO 3: CALIDAD EN LA ILUMINACIÓN NATURAL

La luz y la visión son esenciales para ver bien, son dos caras de la misma moneda. No podemos separarlas, no tiene sentido la una sin la otra.

María Teresa Mancera Ruiz (Mancera, 2008)

Uno de los principales inconvenientes de la iluminación natural, es que no siempre es la solución lumínica elegida, debido a que es asociada con problemas de deslumbramiento (directo, o indirecto) y sobrecalentamiento. Para muchos arquitectos, es un problema complicado tomarla en cuenta desde las etapas tempranas de diseño, ya que están pobremente capacitados en materia de manejo y aprovechamiento de éste importante recurso. Sin embargo, la luz natural ofrece ventajas inigualables comparadas con la luz artificial: es gratuita y es una fuente de energía inagotable y lumínica de alta eficiencia (Dubois, 2006). También provee un espectro continuo de luz, que mejora considerablemente el desempeño visual de la mayoría de los seres vivos, entre ellos obviamente, el ser humano.

Además de las ventajas antes mencionadas, también es importante resaltar que en la mayoría de los espacios, la iluminación provee lo necesario para las principales necesidades biológicas, y simultáneamente, para la mayoría de las necesidades de cualquier actividad (Lam, 1992).

3.1. LA VISIÓN

Un gran número de expertos consideran a la visión como uno de los sentidos más importantes del ser humano, ya que a través de ella obtenemos la mayor parte de la información con la que conocemos e interpretamos nuestro entorno. Gracias a ella, identificamos objetos, los localizamos en el espacio seguimos y aspectos de su evolución.

Las ideas sobre cómo se produce la visión humana evolucionaron y siguen evolucionando a lo largo de la historia al ritmo que lo hacen diferentes disciplinas como son: la física, la fisiología y la neurología (Alonso, 2012).

Las primeras propuestas elaboradas sobre el tema de la visión, datan de la antigua Grecia. En el siglo XVI a. de C., Pitágoras (582 a. de C. - 507 a. de C.) planteó que la luz emanaba del ojo en forma de rayos luminosos que se propagan en línea recta formando conos con el vértice de éste. Supuso que esta emanación chocaba con los cuerpos y la visión era el resultado de este choque. Casi un siglo después Platón (427 a. de C. - 347 a. de C.) planteó que mientras nuestros ojos emitían pequeñas partículas de luz, del objeto también emanaba una sutil capa o un efluviio y que era el contacto entre el fuego visual emitido por el ojo y este efluviio lo que producía la sensación de la visión.

En el siglo XI Ibn al-Haytam, conocido en occidente como Alhazen (965-1039) propuso que la luz debía intervenir en la visión, más precisamente que debía ser considerada como una entidad independiente del objeto y del ojo que hace de intermediario en la visión.

Finalmente, en el siglo XVII, Kepler enunció una primera aproximación satisfactoria de la ley de la refracción, distinguió claramente entre los problemas físicos de la visión y sus aspectos fisiológicos, y analizó cuidadosamente el aspecto geométrico de diversos sistemas ópticos. Planteó un nuevo modelo de formación de imágenes. El primer aspecto novedoso de su propuesta fue considerar a la luz emitida por cada punto del objeto como una esfera en expansión y a los rayos solamente como elementos direccionales ideales, sin entidad real (Alonso, 2012).

Un segundo aspecto esencial de la teoría de Kepler sobre la luz y la visión se refiere al proceso de formación de imágenes, que sustentó en conocimientos acumulados en su época sobre la fisiología del ojo y sobre el funcionamiento de las lentes. Kepler consideró al ojo humano como una cavidad oscura esférica y acuosa con una lente de convergencia

variable (el cristalino) en su interior. Lo modelizó como un sistema óptico formado por una lente convergente (el cristalino) y una pantalla (la retina). Según su propuesta, la visión se produce con la formación de una imagen del objeto en la retina. Para formar dicha imagen, cada haz de luz esférico y divergente que entra en la pupila converge en un punto de la misma, siendo la imagen extensa de un objeto la colección de todos los puntos imagen. (Alonso, 2012)

3.1.1. Fisiología del ojo

El ojo es un cuerpo esférico de unos 2.5 cm de diámetro. El orificio por donde entra la luz se llama pupila y tiene un diámetro entre 2 mm y 8 mm que se regula según la intensidad de luz (Ver **Fig. 15**). La capa más externa del ojo se llama esclerótica y consta de una membrana blanca, llamada córnea, que en su zona anterior es abombada y transparente. (Alonso, 2012)

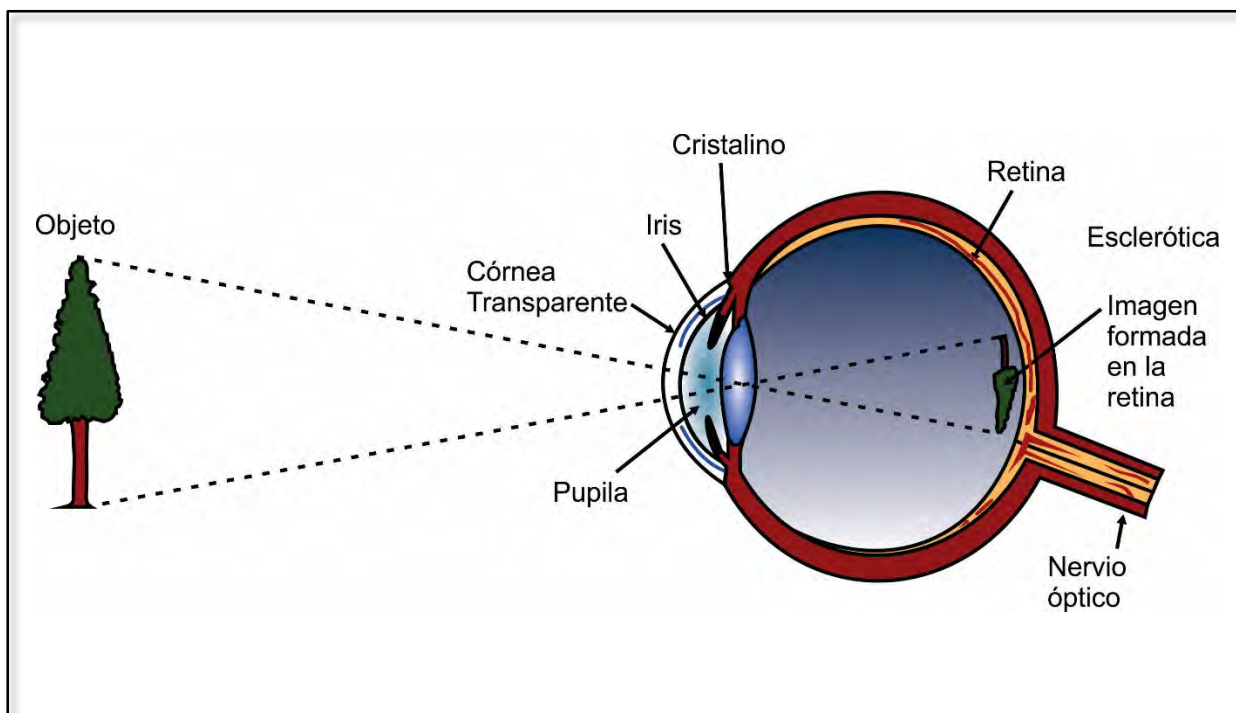


Figura 4. Formación de imágenes en el ojo. (Camacho, 2013)

3.1.2. Tipos de visión

Como ya se había mencionado con anterioridad, la luz visible se encuentra en el rango de los 380 a los 780 nanómetros, y ésta emite radiación electromagnética. Dicha radiación puede ser emitida o reflejada por cualquier cuerpo, siempre que su intensidad sea superior a unos valores mínimos conocidos como umbrales absolutos de percepción visual.

Existen tres principales tipos de visión:

- Fotópica: A pesar de estar regulada por ambos, conos y bastones ubicados en la retina, tiene más injerencia el uso de los conos, y permite la diferencia de luz y color. Es también conocida como visión diurna.
- Escotópica: Está regulada principalmente por los bastones de la retina. Debido a los bajos niveles de luz a los que son sensibles, este tipo de visión percibe las diferencias de luminosidad, pero no de colores, ya que los conos permanecen inactivos. Se le conoce también como visión nocturna.

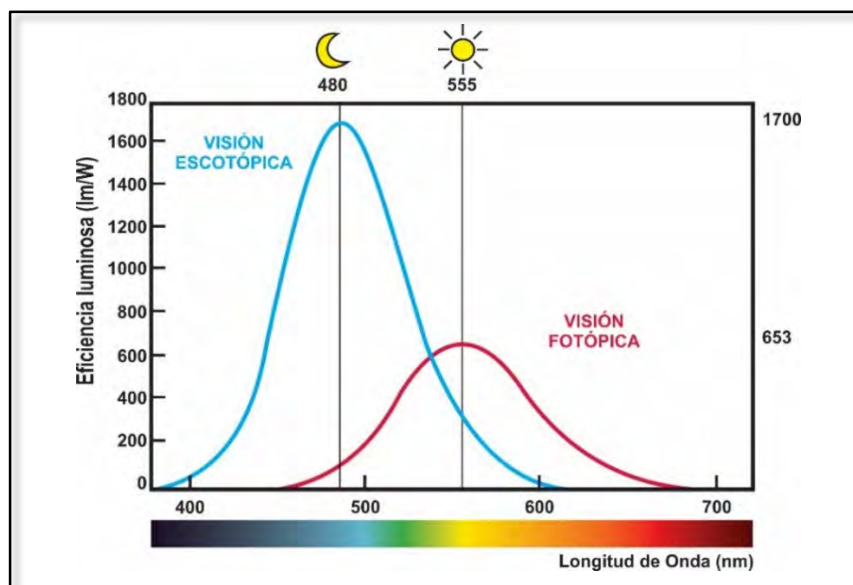


Figura 5. Curva de eficiencia luminosa (lm/W), de acuerdo al tipo de visión (escotópica o fotópica) y la longitud de onda de las mismas. (García, 2010)

- Mesotópica: Es simplemente una visión ubicada entre las dos anteriores.

Es de vital importancia tomar en cuenta estos elementos a la hora de diseñar iluminación para un espacio en específico. En cuanto a iluminación natural se refiere, la diferencia entre ambas visiones, la fotópica y la escotópica, es más evidente debido a la manera en cómo funcionan ambos. La visión fotópica se mantiene en actividad constante mientras exista luz proveniente del sol, en cambio la escotópica toma un papel primordial en la noche, cuando nos auxiliamos de la iluminación artificial para que la visión de algunos elementos sea percibida por nuestro ojo.

CONOS → VISIÓN FOTÓPICA	BASTONES → VISIÓN ESCOTÓPICA
Alta luminosidad (visión diurna)	Baja luminosidad (visión nocturna)
Tres tipos de conos L-M-S	Un solo tipo de bastones
Visión en color: 555 nm	Visión en blanco y negro: 500 nm
Aproximadamente 7 millones	Aproximadamente 120 millones
Acumulados en la fóvea	Distribuidos en toda la retina, excepto en la fóvea
Alta agudeza visual (1-2). Resolución: 30 ^o de arco diámetro del cono (2,2 nm)	Baja agudeza 0.01 (por menor procesado)
Poca resolución temporal (25 - 30 Hz)	Mejor resolución temporal (parpadeo)
Visión directa	Visión lateral

Tabla 2. Diferencias entre las visiones fotópica y escotópica (ETSI, Telecomunicación, 2007).

Como ya se había mencionado con anterioridad, los bastones son sensibles a bajos niveles de iluminación. Contienen un pigmento cuyo máximo de sensibilidad se halla en la zona de los 510 nanómetros (o sea, la zona de los verdes). Al pigmento de los bastones, la rodopsina, se la suele llamar “púrpura visual”, ya que cuando los químicos logran extraerlo en cantidad suficiente, tienen una apariencia purpurea (Westland, 2001)

Los conos, por su parte, son los que proporcionan la visión en color. Hay tres clases de conos. Cada uno de ellos contiene un pigmento fotosensible distinto. Los tres pigmentos tienen su capacidad máxima de absorción hacia los 430, 530 y 560 nanómetros de longitud de onda (nm), respectivamente. Por eso se los suele llamar "azules", "verdes" y "rojos". No es que los conos se llamen así por su pigmentación, sino por el supuesto 'color de la luz' al que tienen una sensibilidad óptima.

4.1.3. Factores fisiológicos que intervienen en la visión

Aparte de los ya mencionados, existen factores de carácter fisiológico que intervienen en el proceso de visión, en relación con la iluminación:

- El enfoque visual
- La adaptación visual
- La agudeza visual

Enfoque visual

La acomodación es el sistema mediante el cual el ojo humano es capaz de enfocar correctamente los objetos a diferentes distancias, variando el espesor y la longitud focal del cristalino (lente dentro del ojo que se abomba o estrecha y cambia de forma por la acción del músculo ciliar que tira o afloja de ella según la distancia a la que estemos mirando). Cuando miramos de lejos, el cristalino se encuentra estirado, por lo que es más estrecho y tiene un diámetro mayor, mientras que su capacidad para desviar la luz es mínima.

Este ajuste se produce variando la curvatura del cristalino y con ello la distancia focal por la contracción o relajación de los músculos ciliares. Cuanto más próximo está el objeto mayor se hace la curvatura.

En los ojos sanos, los objetos a esa distancia se forman en la retina. Cuando los objetos se forman delante o detrás de la retina, aparecen borrosos al observador. El esfuerzo del ojo es mucho menor cuando observa objetos relativamente lejanos que cuando debe observar objetos muy cercanos, sobre todo cuando éstos son pequeños.

Cuando hablamos de acomodación visual nos tenemos que referir a un factor tan determinante e importante como el de la edad, ya que la capacidad de dicho enfoque en el ojo disminuye como consecuencia, entre otras cosas, del endurecimiento del cristalino y produce una disminución de la agudeza visual, que se conoce también como vista cansada y hace que la distancia focal y la cantidad de luz mínima necesaria para formar una imagen nítida aumenten (Del Prado, 2015).

Adaptación visual

Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes iluminaciones de los objetos (Taboada, 1979). Se refiere al proceso que se produce cuando el ojo se ajusta automáticamente a la luminosidad y/o al color del campo de visión. Se debe a la capacidad del iris para regular la abertura de la pupila y a cambios fotoquímicos en la retina.

Cuando existe una iluminación baja, el ojo aumenta su sensibilidad a la luz y aumenta la apertura pupilar (diámetro de la pupila) para que penetre más cantidad de luz. Si la iluminación es excesiva, el ojo disminuye su sensibilidad y reduce el diámetro pupilar para que no penetre demasiada luz. La variación del diámetro de la pupila se efectúa mediante la contracción y dilatación del iris.

Cabe señalar que, cuando pasamos de niveles de luz bajos a niveles elevados, la adaptación visual se realiza en poco tiempo en comparación con el que se requiere cuando se pasa de niveles elevados a niveles bajos de iluminación.

Cuando en el campo visual existan partes excesivamente luminosas respecto al nivel al que está adaptado el ojo, se producirán deslumbramientos que provocarán molestias y/o disminución de la capacidad para distinguir objetos (Del Prado, 2015)

Este es el factor que más relación tiene con la presente investigación, lo que no significa que los otros dos factores no serán tomados en cuenta.

Agudeza visual

En cuanto a la agudeza visual, es la capacidad que tiene el ojo de reconocer por separado, con nitidez y precisión, objetos muy pequeños y próximos entre sí (Taboada, 1979). La agudeza visual varía significativamente con la edad.

Se entiende por tamaño visual de un objeto o de un detalle discriminante, al ángulo visual, expresado en minutos de arco, bajo el cual se percibe dicho objeto. De aquí que la cercanía o lejanía del mismo determinará su tamaño visual aunque mantenga constantes sus dimensiones físicas.

Es importante considerar, en el diseño de un lugar de trabajo, la cantidad y la calidad de luz y el color, en función del entorno y el clima, así como la calidad de esa luz, el contraste y la distribución espacial, según el uso de cada espacio (Del Prado, 2015).

Cabe mencionar que existen indicadores que determinan la calidad en la iluminación en general. Sin embargo, a pesar de que los estudios en materia de iluminación natural son más escasos, hay algunos sobre iluminación natural que vale la pena mencionar. Un estudio hecho por Marie-Claude Dubois (2006) establece 6 factores principales para definir cualitativamente la iluminación dentro de un espacio en particular:

INDICADOR	VALOR	INTERPRETACIÓN
FACTOR DE LUZ DE DÍA	Ver recomendaciones por el tipo de espacio en los estándares de iluminación.	
	< 1%	Demasiado Oscuro
	2%	Mínimo Aceptable
	> 5%	Se aprecia substancialmente iluminado de manera natural
	> 10%	Riesgo de sobrecalentamiento
ILUMINANCIA HORIZONTAL	Ver recomendaciones por el tipo de espacio en los estándares de iluminación.	
	> 500 lux	Demasiado brillante para trabajo en computadora, estabilización de la curva de desempeño visual
	> 1000 lux	Apropiado para el ciclo circadiano
LUMINANCIA ABSOLUTA	10^{-5} cd/m ²	Umbral para visibilidad
	< 30 cd/m ²	Demasiado oscuro para muros verticales
	> 500 cd/m ²	Demasiado brillo para arte. Luces centrales para campo visual
	> 1000 cd/m ²	Demasiado brillo para arte. Luces en campo visual
	> 2000 cd/m ²	Demasiado brillo para arte.
	> 5000 cd/m ²	Inaceptablemente brillante.
RADIOS DE LUMINANCIA	1:3	Transición suave entre dos superficies.
	1:10	Límite aceptable para transición entre superficies adyacentes.
	1:40	Contraste máximo aceptable en el espacio.
	1:13	Radio aceptable para interés visual en el rango de 40°.
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	2-3	Iluminación 3d balanceada
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	Algunas son necesarias para la simulación y la ambientación. Evitar grandes áreas que puedan causar deslumbramiento	

Tabla 3. Lista de indicadores de calidad en iluminación natural. (Dubois, 2006)

Con base en la tabla anterior, se puede definir la calidad en iluminación natural, como aquella iluminación que mejor equilibra los factores antes mencionados, y que tiene como finalidad conseguir un buen nivel de confort visual y lumínico, en función tanto de las exigencias visuales del trabajo como el de las características personales de cada usuario. Resumiendo, el valor cualitativo en la iluminación natural, puede expresarse de acuerdo al siguiente esquema:



Figura 6. Esquema de elaboración propia con base en los indicadores cualitativos de luz natural descritos por Marie Claude Dubois (2006).

Cabe mencionar, que en los medios electrónicos abundan los esquemas relacionados con la calidad de la iluminación. Sin embargo, están más enfocados en la iluminación artificial. Los esquemas relacionados con la calidad en iluminación natural son carentes, por lo menos hasta la publicación de la presente investigación. Es por eso que se propone el esquema anterior como antecedente para futuras investigaciones.

3.2. PROPIEDADES LUMÍNICAS DE UN ESPACIO

Para lograr un análisis lumínico adecuado en un espacio determinado, es importante considerar las siguientes propiedades:

- 1) Iluminancia
- 2) Deslumbramiento

- 3) Reflectancia
- 4) Luminancia
- 5) Contraste

3.2.1. Iluminancia

La iluminancia (E) es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Se mide en [Lux], de manera que $[1\text{Lux} = 1 \text{ Lumen}/\text{m}^2]$. Tanto en oficinas, como en centros educativos y sanitarios, las iluminancias de los espacios de trabajo suelen ser bastante uniformes, por lo general con niveles medios de entre 300 y 750 lux a la altura del plano de trabajo. Otras tareas de mayor atención pueden requerir niveles de iluminancia mayores de entre 500 y 1000 lux, mientras que las zonas de descanso o de paso suelen disponer de iluminancias de entre 50 y 200 Lux.

Como es evidente, cuanto mayor sea la iluminancia (E) requerida, tanto mayor será el consumo en iluminación de un edificio. En ese sentido podemos decir que existe una relación directa entre la iluminancia media de un local y su consumo energético en iluminación artificial, siempre y cuando todos los demás parámetros se mantengan constantes.

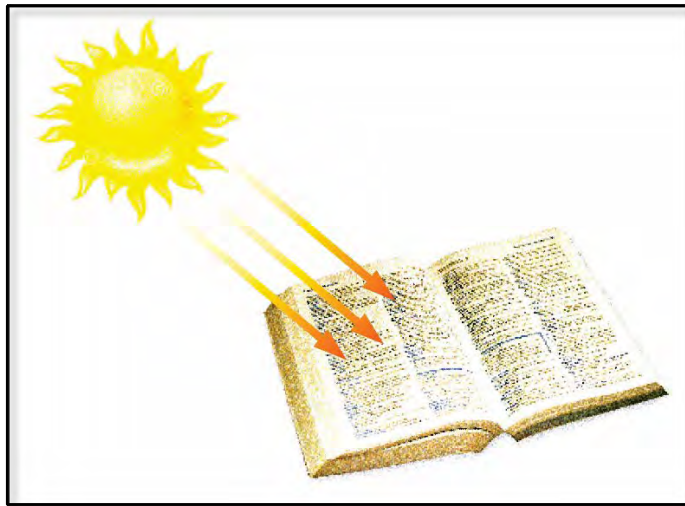


Figura 7. La Iluminancia es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en Lux (Lx). (Elaboración propia)

3.2.2. Deslumbramiento

El deslumbramiento es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir objetos, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo (Taboada, 1979)

Este fenómeno actúa sobre la retina del ojo en la cual produce una enérgica reacción fotoquímica, insensibilizándola durante un cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse.

Los efectos que originan el deslumbramiento pueden ser de tipo psicológico (molesto) o de tipo fisiológico (perturbador).

Se produce un deslumbramiento cuando el observador es expuesto a una luminancia muy superior a aquellas en las que su retina estuviese previamente adaptada. Hay 2 formas de deslumbramiento.

Según Taboada (1979), los principales factores que intervienen en el deslumbramiento son:

- La luminancia de la fuente de luz, o de las superficies iluminadas. A mayor luminancia, corresponde mayor deslumbramiento.
- Las dimensiones de la fuente de luz en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45° con respecto a la vertical.
- La situación de la fuente de luz. Cuanto más lejos se encuentre la fuente en la línea de visión, menor será el deslumbramiento. También disminuye a medida de que la fuente queda más por encima del ángulo visual.

- El contraste entre la luminancia de la fuente de luz, y la de sus alrededores. A mayor contraste de luminancia, mayor deslumbramiento. Las máximas relaciones de luminancia admisibles en el campo visual del observador, al objeto de evitar el deslumbramiento, se dan en la siguiente tabla:

OBJETOS	MÁXIMA RELACIÓN DE LUMINANCIA ADMISIBLE
Tarea visual y superficie de trabajo	3:1
Tarea visual y espacio circundante	10:1
Fuente de luz y fondo	20:1
Campo visual	4:1

Tabla 4. Máxima relación de luminancia admisible (Taboada, 1979)

- El tiempo de exposición. Una luminancia de valor bajo puede producir deslumbramiento si el tiempo de exposición es largo.

Tipos de deslumbramiento

Para entender mejor el deslumbramiento, como se produce, y cuáles son sus consecuencias, existen dos clasificaciones para dicho fenómeno:

1) Atendiendo al origen:

- Directo: se produce cuando la persona mira directamente a la fuente del problema.
- Indirecto o reflejo: Cuando la fuente del problema se proyecta en la retina a través de una superficie reflectante.

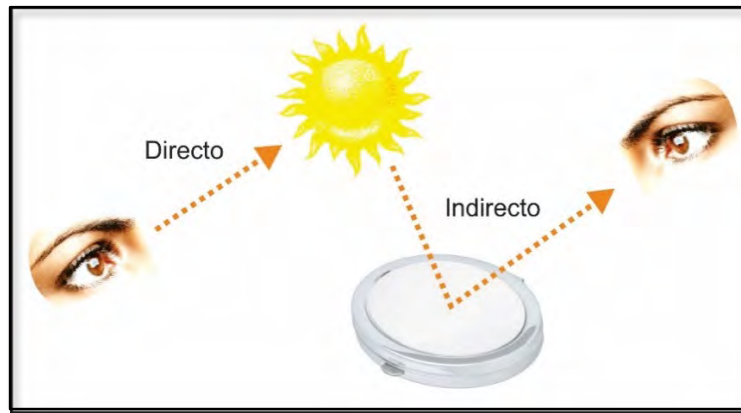


Figura 8. Esquema que muestra el deslumbramiento directo e indirecto. (Elaboración propia)

2) Atendiendo a las consecuencias:

- Discapacitantes: Suponen una reducción en la capacidad del sistema visual
- Disconfortantes: Producen molestias o malestar.

La distinción discapacidad-disconfort no implica incompatibilidad dentro de las categorías. Todos los deslumbramientos incapacitantes son disconfortantes, aunque no siempre a la inversa.

Deslumbramiento Directo

El riesgo del deslumbramiento directo aumenta con el crecimiento en la luminancia (LFU) y el del tamaño proyectado (T) de la fuente. Por el contrario disminuye con el incremento en la luminancia del fondo (LFO) y con la excentricidad (E) en la posición de la fuente respecto a la línea de la mirada (Taboada, 1979).

La CIE (2007) propone el UGR para evaluar conjuntamente el efecto de estas 4 variables, considerando las distintas fuentes de deslumbramiento que puedan operar conjuntamente en un entorno.

Los valores van desde los 7 UGR a 28 UGR, desde lo imperceptible a lo casi tolerable.

Sistema CIE (2007) de limitación del deslumbramiento.

Se determina una condición concreta para un trabajo, cual es el mejor nivel de luminancia que puede haber a ojos del trabajador que sea tolerable por este. Si la cantidad está por encima, significa que he sobrepasado el límite y está mal, si está por debajo está bien, porque está dentro del nivel tolerable por el observador.

Ángulos de Ocultamiento

Según dónde esté situada una fuente de luz dentro de la luminaria (bombilla dentro de una lámpara), el deslumbramiento será diferente. Lo mejor es que esté más dentro de la luminaria para que no deslumbre (siempre hasta un cierto límite, claro).

El ángulo de ocultamiento se forma por la horizontal que pasa por la abertura de la lámpara y la otra línea del extremo brillante de la lámpara. Cuanto más dentro esté la fuente de luz, más grande sería alfa. Para tareas más complicadas, ángulos de ocultamiento mayores, si la tarea es más simple, el ángulo puede ser más pequeño.

Iluminación solar y deslumbramiento

Para iluminar sitios de trabajo se han tenido ciertas reticencias en países sobre todo de latitudes más elevadas debido a que su empleo requiere varios requisitos:

- Requiere ventanas grandes
- Son malas barreras térmicas y acústicas
- Se necesitan limpiar con regularidad

- Proporcionan un tipo y cantidad de luz variable en función de la hora y la estación del año.
- Proporcionan un aporte lumínico que frecuentemente debe ser complementado con luz artificial.

(Fuente: CIE, 2007)

Cuando se usa luz solar deben reducirse al mínimo las posibilidades de que ésta se convierta en fuente de deslumbramiento. Por ello, se proponen las siguientes medidas.

Todas las ventanas deben contar con algún mecanismo para reducir de forma significativa, gradual y controlada su luminancia (reducción en el valor de “LFU” mediante el uso de persianas venecianas, estores, etc.)

Puesto que el riesgo de deslumbramiento se reduce con el aumento en la luminancia del entorno (LFO), es recomendable usar superficies de alta reflectancia en las proximidades de las ventanas y/o un cierto grado de angulación en las partes de la pared más próximas a ellas.

Puesto que el deslumbramiento se reduce con la excentricidad de la fuente que lo produce (E), se debe intentar que las ventanas se ubiquen lo más alejadas posibles de la línea de la mirada del trabajador.

Deslumbramiento Indirecto (reflejos)

Puede haber dos tipos de superficies, en general:

La superficie puede ser pulida es decir, especular; en cuyo caso, toda la luz se reflejará en una sola dirección, entonces α y β son iguales (este experimento es imposible hacerlo en la realidad porque no es posible hacer un haz de luz tan fino), lo que implica que el ángulo de reflexión de la superficie, es igual al ángulo de incidencia.

La superficie puede ser mate; con lo que toda la luz es reflejada en la misma cantidad y en todas direcciones. Los reflejos en este caso no son importantes (CIE, 2007).

Si queremos luchar contra el deslumbramiento, es mejor una superficie mate, o si no, que la luz venga de todas las direcciones posibles para que también la superficie, que en este caso será pulida, refleje también en todas direcciones.

El uso de superficies pulidas e iluminadas localizadas fomenta la aparición de deslumbramientos indirectos. Para combatirlos, además de evitar que se den estas circunstancias, se debe ser cuidadoso con la ubicación del trabajador (CIE, 2007). Se debe:

- Incrementar el área de luz que alcanza el área de trabajo desde posiciones lateralizadas (situadas a izquierda o derecha respecto de la línea de la mirada)
- Usar luminarias con superficies lumínicas extensas y de baja luminancia
- Emplear superficies y materiales de trabajo lo más mates posibles.

3.2.3. Reflectancia

Para nuestro objeto de estudio, la reflectancia se define como la relación entre la luz reflejada por una superficie entre la luz incidente a esa superficie.

3.2.4. Luminancia

La luminancia (L) se refiere a la cantidad de lúmenes que una superficie consigue hacer llegar a un punto de observación teniendo en cuenta el ángulo sólido proyectado y la magnitud de su superficie. Aunque la unidad de medida es el “nit”, muy frecuentemente se sustituye esta por la de “candelas por m²”. La magnitud de este parámetro no depende de la distancia a la que se mida. Su valor es muy relevante respecto a la posibilidad de

deslumbramiento. Cabe mencionar que éste parámetro será quizás el más importante a tomar en cuenta en la presente investigación, ya que nos ayudarán a determinar mejor la calidad de la iluminación, expresada el procesado de colores falsos. Este factor junto con el de la iluminancia, serán usados en la definición de los factores de calidad de iluminación natural (FCIN), y serán aplicables tanto en la experimentación como en las conclusiones del presente estudio.



Figura 9. La luminancia se entiende como la cantidad de lúmenes que una superficie consigue hacer llegar a un punto de observación. Se mide en candelas por m^2 . (Elaboración propia)

3.2.5. Contraste

Existe contraste cuando la luz que alcanza el punto de observación desde direcciones diferentes tiene niveles de luminancia distintos (ejemplo: la hoja blanca y la tinta sobre ella).

En iluminación es importante evitar los excesivos contrastes, como por ejemplo los provenientes de una ventana. La visión directa de la ventana va a dar unas luminancias elevadas impidiendo muchas veces la visión. Por ejemplo: los despachos de los directores tienen normalmente las ventanas a sus espaldas de tal manera que los interlocutores se sientan de cara a ella.

Para evitar el contraste, se puede optar por las tres soluciones siguientes:

- Cortinas: reduce las luminancias, difumina la luz y suaviza los contrastes.
- Ventanas especiales entintadas o semi-reflectantes. Muchas veces unidas a un doble cristal, lo que mejora las condiciones térmicas del local. Sin embargo, ésta opción puede resultar contraproducente. Un cristal entintado a la larga puede aumentar los niveles de estrés y ansiedad en los usuarios, a largo plazo (Yeang, 2001). Otro inconveniente, es que la incidencia de luz natural hacia el interior del edificio puede verse seriamente afectado, en especial si se utiliza un doble acristalamiento.
- Aumento de la superficie de ventanas: aumenta la iluminancia general y disminuye los contrastes. Aunque esto puede también traer algunos inconvenientes en la calidad de la iluminación que ingresa al edificio, y no siempre resulta ser que a mayor acristalamiento, menor contraste.

Se estudian dos parámetros para medirlo:

- Proporción de contraste
- Modulación de contraste

La forma más común de producir contraste es utilizando superficies de reflectancia variable, aunque también puede generarse haciendo pasar la energía lumínica por un filtro de transmitancia variable (transmitancia es lo que una superficie deja pasar a su través de luz).

Si tenemos una iluminancia constante podemos usar otras fórmulas que usan la medición de la reflectancia.

Otra posibilidad es usar la transmitancia de un filtro, ya que es aún más barato porque la información nos la puede facilitar incluso la fábrica (la fórmula sería exactamente igual que en los casos anteriores, multiplicando por 100 si se quiere obtener el porcentaje, y

sustituyendo donde pone R por T. Sin embargo, una aclaración por si se desea medir la transmitancia, y es que en los filtros que venden no especifican la transmitancia, sino la densidad del filtro. Para saber a qué transmitancia aluden al hablar de densidad, basta una simple tabla y una fórmula de referencia.

Es una alternativa de medición, ya que siempre resulta más barato medir cualquiera de las otras dos variables mencionadas que la luminancia.

Contraste y su relación con los patrones de iluminación.

En términos de patrón de iluminación, las características de la misma, pueden ser interpretadas en un vocabulario más cualitativo, siempre y cuando se relacione las mediciones cuantitativas de compactación y gradación de dicho patrón en nociones de alto o bajo contraste, ya que estos aspectos son los más importantes en el desarrollo del cálculo de la luz. Se pueden efectuar pruebas de apariencia visual, con el fin de verificar la interpretación subjetiva de la luz dentro de un espacio en específico.

En una situación de alto contraste, el patrón correspondiente generalmente contiene más variaciones y cambios abruptos en el brillo. Generalmente se da utilizando una fuente de luz directa, con modelos específicos de luz y sombra, que “refuerzan la información visual en un sistema dinámico” (Lam, 1986). En cambio, los patrones de bajo contraste se enfatizan generalmente con menos variaciones en el brillo y transiciones más uniformes entre las zonas de brillo, y una fuente de luz difusa.

Existe una estrecha relación entre el contraste y la mayoría de los aspectos tanto cualitativos como cuantitativos de la luz, por lo que el contraste se convierte en un integrador global para la interpretación de imágenes.

		CONTRASTE	
VARIABLES		ALTO contraste	BAJO contraste
ASPECTOS FÍSICOS	Calidad de la fuente	Directo	Difuso
	Distribución del brillo	Heterogeneidad de la luz	Homogeneidad de la luz
	Dominio del patrón	Concentración de la luz	Dispersión de la luz
ASPECTOS PERCEPTUALES	Percepción del espacio	Fragmentación	Unidad
	Percepción de objetos y superficies y percepción de la sombra	Materialidad	Inmaterialidad
	Concentración (Focalización)	Atención	Distracción

Tabla 5. Algunos aspectos importantes a tomar en cuenta en el análisis del contraste. Las principales categorías de las variables son aspectos tanto físicos como perceptuales. (Demers, 1998)

3.2.6. Uniformidad

Por lo general, la iluminancia en una superficie, nunca será totalmente uniforme, debido a que siempre habrá diferencias de valores en iluminancia dentro de un espacio iluminado natural o artificialmente.

Existen parámetros que nos ayudan a determinar dicha uniformidad, y que se mencionan a continuación:

Factor de uniformidad general de iluminancia (U_m)

Es la relación que existe entre la iluminancia mínima y la iluminancia media en un área determinada. Su unidad está dada en porcentaje (%) o por una relación. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$U_m = \frac{E_{\min}}{E_{\text{med}}} \quad \text{ó} \quad U_m = \frac{E_{\text{med}}}{E_{\min}}$$

Factor de uniformidad extrema (Ue)

Es la relación que existe entre la iluminancia mínima y la iluminancia máxima en un área determinada. Al igual que el factor anterior, su unidad también está dada en porcentaje (%) y se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$U_e = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} \quad \text{ó} \quad U_e = \frac{E_{\max}}{E_{\min}}$$

Coeficiente de variación (CV)

Indica la relación entre la desviación de todos los valores de iluminancia y la iluminación media. Su valor es igual a cero cuando no existen diferencias entre los valores, resultando entonces una distribución homogénea. Se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{np} (Ep_i - E_{\text{med}})^2}{np}} \Rightarrow CV = \frac{\sigma}{E_{\text{med}}}$$

Donde,

σ = Desviación estándar de los valores de iluminación (lux)

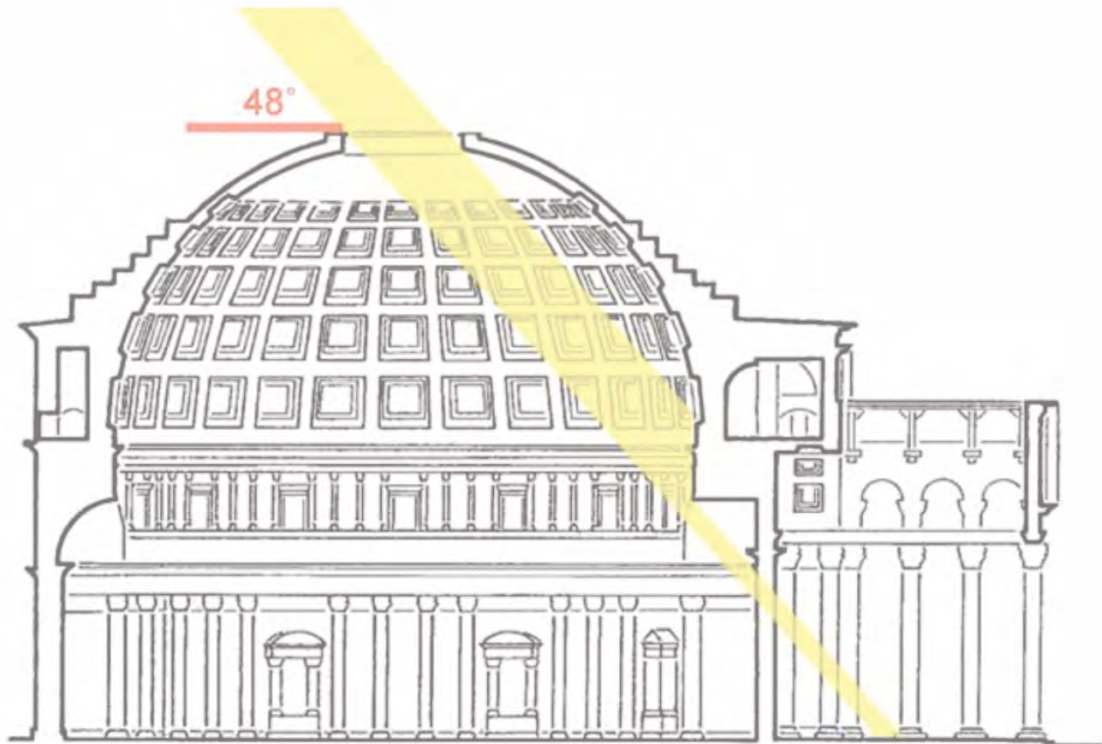
CV= Coeficiente de variación.

3.2.7. Conclusión

Se mencionaron varios de los factores de calidad en iluminación natural (FCIN). Para este estudio veremos más adelante que centrar la atención experimental en algunos de ellos (equilibrio de luminancias, iluminancias, iluminancia en el plano de trabajo y la posición del observador) permite establecer posibles criterios comparativos de diseño y posibles elementos de análisis relativos a una aportación en el diseño.

CAPÍTULO 4:

IMPORTANCIA DE LA LUZ NATURAL



CAPÍTULO 4: IMPORTANCIA DE LA LUZ NATURAL

La luz lo es todo en la arquitectura. En particular, la luz natural es capaz de transformar los espacios, modificarlos, generar contrastes, sombras y reflejos. Permite crear ambientes. Su variabilidad otorga un carácter especial a los espacios.

Mtro. Arturo Valeriano Flores (Constructor Eléctrico, 2014)

El estilo de vida actual nos lleva a vivir gran parte del año sin la luz proveniente del sol. En invierno nos levantamos antes de que salga el sol, pasamos la mayor parte del día en la oficina con luz artificial y regresamos a casa al atardecer o cuando ya ha anochecido. La falta de luz solar es muchas veces la causa de desánimo, de apatía, de cansancio injustificado y hasta de depresión que no suelen manifestarse en otras épocas del año. De hecho, existe un trastorno que ha ido adquiriendo protagonismo en los últimos años gracias a los avances en la medicina y la psicología, y que según algunas investigaciones, una de las causas que lo ocasionan es la privación de la luz natural. Dicho trastorno es el Trastorno Afectivo Estacional (TAE).

Síntomas	en el trastorno afectivo estacional (%)
Tristeza	78 - 100
Ansiedad	72 - 100
Irritabilidad	75 - 90
Disminución de actividad física/fatiga	87 - 100
Aumento de apetito	25 - 83
Apetencia por hidratos de carbono	58 - 83
Aumento de peso	38 - 86
Aumento del tiempo de sueño	39 - 97
Somnolencia diurna	51 - 98
Disminución de la libido	65 - 75
Aislamiento social	67 - 100
Dificultades laborales	69 - 100
Dificultades interpersonales	95 - 100
Disminución de la concentración	83 - 96
Ideación suicida	33 - 66

Tabla 6. Síntomas del trastorno afectivo estacional (Fresno, et. al., 2006)

El TAE, se caracteriza por la presencia de periodos depresivos con importante clínica atípica, es decir, hipersomnia (trastorno del mecanismo del sueño, caracterizado por un sueño excesivo constante e involuntario) e hiperfagia (trastorno en la alimentación, caracterizado por un aumento excesivo de la sensación del apetito, e ingestas descontroladas de alimentos, sin razón aparente). El TAE acontece principalmente cuando llegan el otoño e invierno, y su prevalencia es más alta en latitudes norte altas, variando entre distintos grupos étnicos. Es mayor en mujeres y más frecuente en el grupo de edad entre 20 y 40 años.

Uno de los tratamientos recomendados para tratar el TAE suele ser la fototerapia como se muestra en la siguiente tabla.

Circunstancias	que apoyan el uso de la fototerapia como primera línea
El paciente no presenta ideación suicida importante	
Existe contraindicación médica para tratamiento con antidepresivos	
El paciente tiene historia de respuesta favorable al tratamiento con fototerapia	
El paciente carece de efectos adversos importantes a la fototerapia	
El paciente solicita fototerapia	
Un profesional calificado estima que la fototerapia está indicada	

Tabla 7. Circunstancias que apoyan el uso de la fototerapia (Fresno, et. al., 2006)

Un estudio llevado a cabo en la década de 1980, por A. J. Lewy, demuestra que la base de los cambios afectivos de pacientes afectados con TAE, descansa sobre la alteración del ritmo circadiano relacionada con un incremento en la secreción nocturna de melatonina, y la fototerapia ejercía un efecto antidepresivo, corrigiendo las alteraciones del ritmo.

Otros autores han relacionado los síntomas atípicos, directamente con el déficit de exposición a la luz diurna. Un estudio incluso demostró que los sujetos que se exponían

a niveles bajos de iluminación, presentaban más síntomas depresivos atípicos que los más expuestos (Espiritu et al., 1994). De cualquier modo, es obvio que la luz desempeña un papel primordial en la fisiopatología del trastorno.

4.1. BREVE HISTORIA DE LA UTILIZACIÓN DE LA LUZ NATURAL EN LA ARQUITECTURA

Desde tiempos inmemoriales los humanos hemos considerado al Sol como un elemento central de la creación (no en vano le seguimos denominando astro-rey). El hombre del Paleolítico, diferenciaba el día de la noche, gracias a los destellos de luz. Más aún, un estudio realizado en Cantabria, España, demuestra que el hombre del Paleolítico tomaba en cuenta la insolación como un elemento valorado en la selección de los lugares de hábitat del Paleolítico Final, ya que existe una clara relación entre la media de horas de luz solar que recibe un yacimiento y su localización (García, 2008).



Figura 10. Uno de los elementos a la hora de elegir lugares de hábitat para el hombre del Paleolítico fue la insolación. (Clemente, 2015)

Posteriormente, en Egipto, por ejemplo, el culto al Sol y a la luz fue parte primordial de la vida de ésta civilización. Un claro ejemplo, es el palacio egipcio, en el que la techumbre y el suelo se iban aproximando uno a otro, a medida que se iba penetrando en el palacio, lo que ocasionaba que la luz fuera disminuyendo hasta que la última habitación quedaba prácticamente sumido en la penumbra.

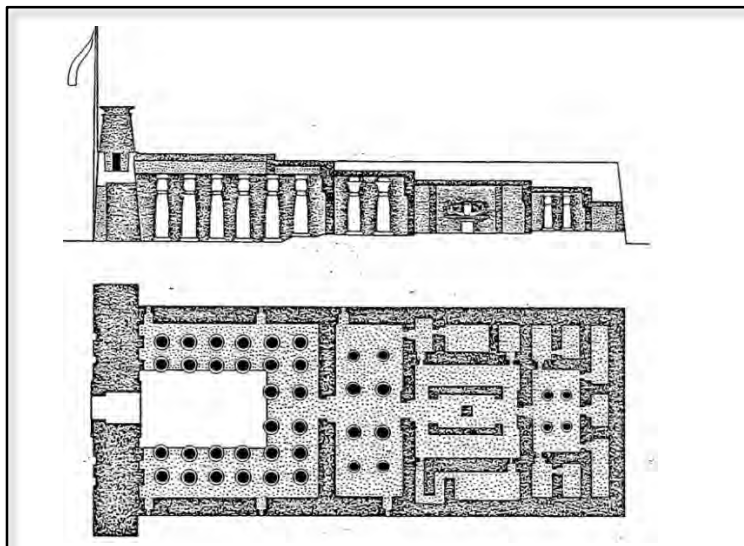


Figura 11. El templo de Luxor es un claro ejemplo de la relación entre la forma arquitectónica e iluminación, con la que iban controlando la entrada de luz a los diferentes recintos. (Kuilman, 2013)

Se sabe que tanto en el antiguo Egipto como en Grecia y Roma, estaban muy extendidos los baños de sol y que en las culturas precolombinas también tenían su manera muy particular de aprovechar la iluminación natural. En Teotihuacán por ejemplo, encontramos que la Pirámide del Sol se encuentra perfectamente ubicada al este del complejo, que es la dirección por la que el astro hace su aparición cada nuevo día. En Chichen Itzá, la pirámide de Kukulcán refleja la maestría con la que los antiguos constructores proyectaban sus edificaciones siguiendo la trayectoria del sol. Es un espectáculo reconocido a nivel mundial, cada equinoccio de primavera y otoño, cuando el dios principal de la cultura maya, desciende por la escalinata iluminada naturalmente y con ayuda de la sombra proyectada de los mismos taludes, se aprecia su imponente presencia en forma de serpiente.



Figura 12: “El Castillo”, o “Pirámide de Kukulcán”, en el sitio arqueológico de Chichén Itzá, es un claro ejemplo de la importancia que antiguas culturas le daban a la relación entre luz natural y arquitectura. (Ramírez, 2013)

Los romanos también le dieron una importancia vital a la iluminación natural. Desde la clásica casa romana (en la que a diferencia de las casas griegas, carentes de ventanas, incorporaron vanos en los muros que permitían el ingreso de luz hacia los diferentes locales que la conformaban), hasta edificios de gran relevancia, la arquitectura romana nunca negó su estrecha relación con el aprovechamiento de la luz natural al interior de sus edificaciones.

El Panteón de Agripa, es una de las construcciones que más claramente reflejan la relación entre iluminación y arquitectura. Con la luz de su óculo cenital, de 8,92 m de diámetro, ha sido admirada y reverenciada por arquitectos y artistas de todas las épocas posteriores a su construcción. Es un elemento que funde la arquitectura en una luz apacible y difusa del atrio, que mostraba espectacularmente su encanto en las horas de los crepúsculos. Su efecto tranquilizante apoyado de sus armoniosas proporciones es percibido inconscientemente por todos y cada uno de sus visitantes provenientes de todos los rincones del mundo. La altura a que la cúpula se encuentra es exactamente la misma que el diámetro de la rotonda (43,30 metros), muestra del indudable acierto de las afirmaciones que los griegos manifestaban al considerar que el secreto de la belleza sensible estaba en el número.



Figura 13. El Panteón de Agripa. Ángulo de entrada de luz por el óculo (izquierda), y el efecto que produce físicamente (derecha). (Elaboración propia con base en Battista, 1750; Naukas, 2011; y Ribes, 2005)

Una de las épocas que es imposible no mencionar en la presente investigación, es el gótico. En éste periodo, los artistas y constructores reconocieron a tal grado la importancia de la incidencia de luz natural al interior de los edificios, que prácticamente se volvió un elemento moldeado de manera absolutamente novedosa. La luz natural y la arquitectura gótica son dos conceptos que viajan inseparables. La magia de la luz se convierte en espacio, y surte un efecto hipnótico que entusiasma del mismo modo la mirada del visitante ajeno, como lo hace con el ojo preparado del arquitecto más experto (Medina, 2014).

Autores posteriores al gótico, desarrollaron una gran cantidad de teorías donde la luz es el protagonista principal. Hugo de San Víctor, Santo Tomás de Aquino, pasando por Dante y su “luz divina que penetra el universo según su dignidad” hasta San Agustín, declaran que la luz es el primer principio tanto de la metafísica como la epistemología (Medina, 2014).



Figura 14. La catedral gótica, es un claro ejemplo de cómo se pueden conjugar la iluminación natural y la arquitectura, para crear obras de gran relevancia y belleza. (Soto, 2010)

Sin embargo, en los primeros siglos de nuestra era, los conocimientos sobre la luz y sus beneficiosos efectos se abandonaron. Uno de los principales factores fue que la Iglesia Católica prohibió lo que entendía como “cultos paganos al sol”. Estos conocimientos no serían retomados hasta mediados del siglo XVII cuando Jean-Jacques Rousseau propuso el necesario “regreso a la Naturaleza”, que, entre otras cosas, consistía en salir al aire libre y tomar el sol.

De esta manera, y poco a poco, la iluminación natural fue retomando importancia en la escena arquitectónica internacional, a excepción de un “periodo de oscurantismo” surgido en los años 60 del siglo XX, a causa del excesivo uso de iluminación artificial. Hoy día incluso, aún podemos ver vestigios o ideologías en antiguos edificios construidos en esa época donde pareciera que la mayoría de los arquitectos creían poder prescindir de la iluminación natural, y en la que parecería que la estética estaba por encima de

cualquier beneficio que el edificio pudiera brindarle a sus ocupantes. Afortunadamente, en años recientes, los arquitectos han convertido el uso de la luz en un elemento imprescindible en cualquier tipo de edificio.

4.2. EL CICLO CIRCADIANO

Todos los seres vivos, están gobernados por ritmos biológicos, que alteran la mayoría de sus funciones fisiológicas, bioquímicas y de comportamiento. Funciones como el ritmo vigilia-sueño, el rendimiento intelectual, la temperatura corporal, la secreción de cortisol y melatonina, etc., fluctúan de manera regular cada 24 horas. El ritmo circadiano está controlado por un reloj biológico interno, que ayuda a los seres vivos a comprender el medio que los rodea, en particular la alternancia luz-oscuridad, que es el tema de la presente investigación.

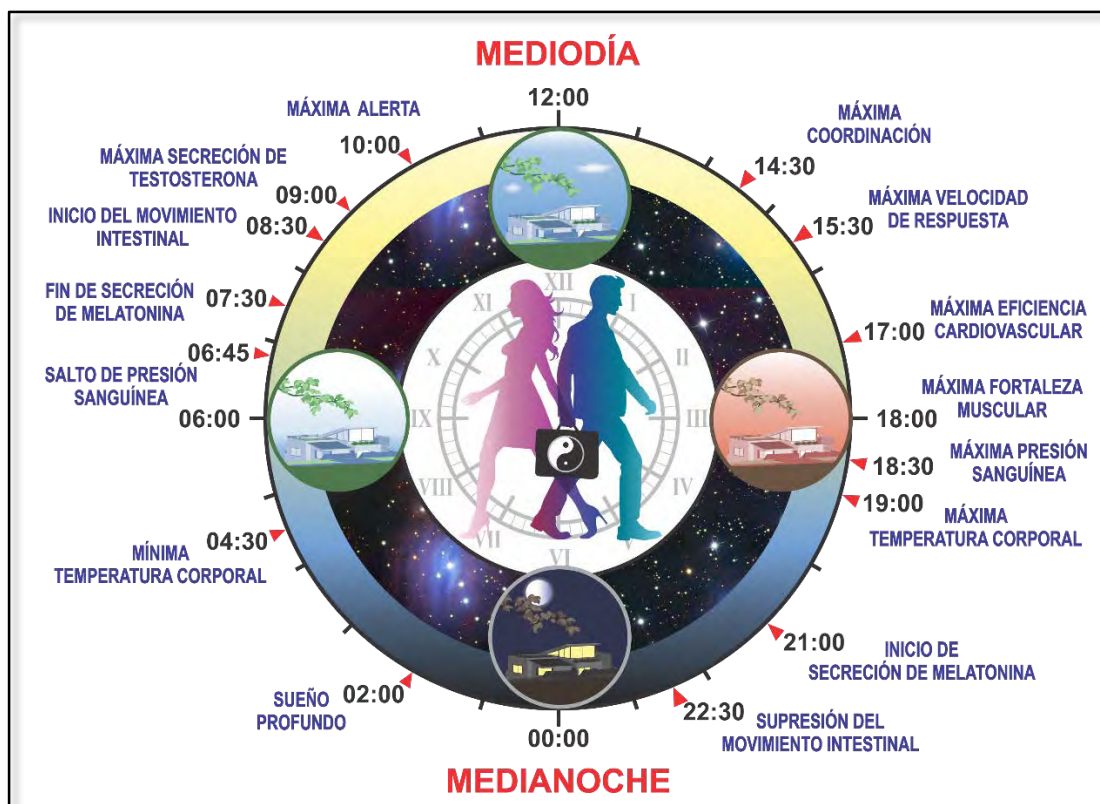


Figura 15. Esquema del ciclo circadiano, y cómo opera en nuestras funciones biológicas básicas.

En el caso del ser humano, existen dos tipos de sincronizadores predominantes: el sincronizador social, y el sincronizador ecológico, que son señales temporales del entorno que informan periódicamente al organismo sobre el transcurrir del tiempo. El primero, regula el conjunto de los ritmos de vida social y profesional, mientras que el segundo, está sujeto a una serie de variaciones cíclicas de temperatura, campos magnéticos, y por supuesto de luz-oscuridad.

Dos estudios salen a relucir en este tema: el primero fue realizado en 1999, y sometía a una persona a un aislamiento de las influencias externas y variaciones horarias. En tal situación, llamada curso libre, el experimento arrojó un retraso diario en los ritmos circadianos, encargados de indicarle al cuerpo la hora de acostarse y de levantarse (Czaisler et al., 1999).

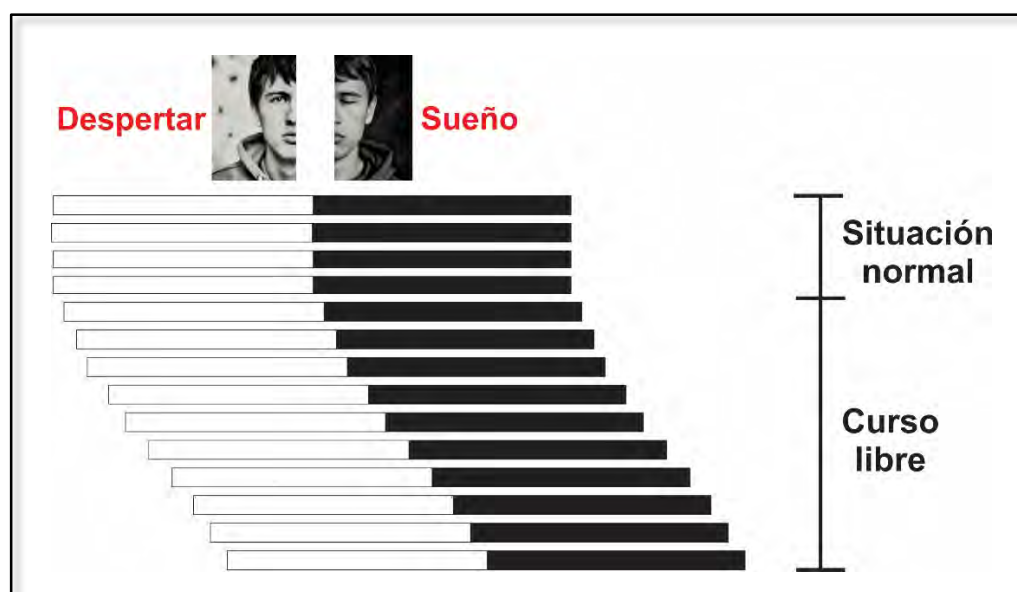


Figura 16. Ritmo vigilia-sueño de una persona sometida a aislamiento temporal en curso libre. (Czaisler, et. al., 1999)

El segundo estudio fue realizado a 20 enfermeras adscritas al turno nocturno al menos durante tres meses consecutivos, cuyo turno era tres noches de trabajo y dos días de descanso. Se evaluó el ritmo de actividad-reposo durante dos periodos de 24 horas (en el curso del último día de trabajo nocturno y durante el primer día de descanso). Para

tener un punto de comparación válido, se midieron los mismos ritmos en un grupo de control de 20 enfermeras con trabajo exclusivamente diurno. La exposición a la luz, fue similar en los dos grupos de enfermeras. Los resultados demuestran que sólo el 30% de los trabajadores nocturnos, presenta un ritmo de melatonina que se adapta rápidamente a los cambios horarios (Quera-Salva, et al., 2002).

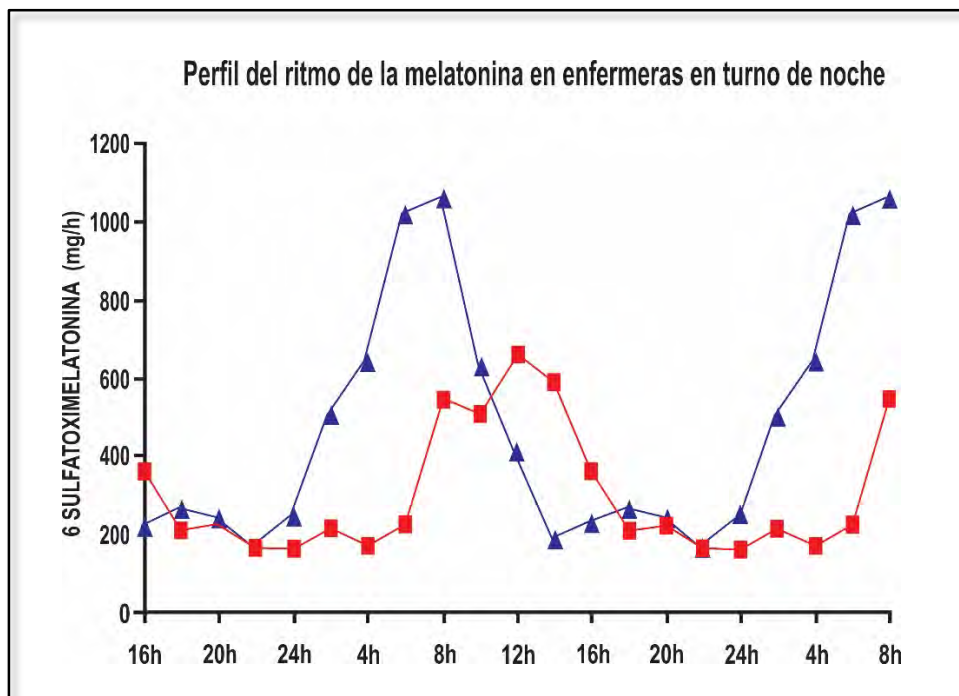


Figura 17. Perfiles del metabolismo de la melatonina (6-sulfatoximelatonina) en enfermeras del turno de noche, entre las 21 hrs y las 6 hrs. La adaptación del ritmo de secreción de melatonina a los cambios horarios, afecta únicamente al 30% del personal que trabaja de noche. (Quera – Salva, et. al., 2002)

El veinte por ciento de la población activa trabaja en turnos rotatorios, cuyas labores los obligan someterse no sólo a cambios de horarios brutales sino que deben luchar contra el tiempo en relación a sus sincronizadores, aparte de que los ciclos vigilia-sueño no están en sintonía con las variaciones periódicas del medio, tales como la luz-oscuridad.

La luz natural tiene efectos directos e indirectos sobre los seres humanos: los efectos directos son causados por un cambio químico en los tejidos debido a que la energía

absorbida de la luz, mientras que los indirectos conciernen a una regulación de las funciones biológicas básicas y la producción de hormonas conectadas con la exposición a la luz natural. Además, de mejorar el bienestar, la satisfacción y la productividad, es importante proyectar espacios interiores con una especial atención al confort de los ocupantes.

La mayoría de los estudios hechos en materia de iluminación natural, se centran en la cantidad, y no tanto en la calidad. Si bien es cierto que el nivel lumínico es importante en cualquier tipo de edificio, también es un hecho irrefutable que al analizar sólo cantidades, no se toman en cuenta factores como el deslumbramiento, el contraste, las vistas hacia el exterior, etc.

4.3. EFECTOS POSITIVOS DE LA LUZ NATURAL EN LOS USUARIOS

Los seres humanos son afectados tanto psicológica como fisiológicamente por los diferentes espectros que proveen los diferentes tipos de luz. La luz natural ha sido asociada con un mejoramiento en el humor de una persona, aparte de que aumenta la moral, disminuye la fatiga, y reduce la vista cansada. Uno de los aspectos psicológicos más importantes de la iluminación natural, es la necesidad del contacto con el medio ambiente vivo exterior (Robins, 1996). De acuerdo con el Dr. Ott (Ott Biolight Systems, Inc., 1997), el cuerpo usa la luz como nutriente para el proceso metabólico, similar al agua o la comida. La luz natural, estimula funciones biológicas esenciales en el cerebro y es dividido en colores que son vitales para nuestra salud. En un día nublado o bajo condiciones de iluminación pobres, la incapacidad de percibir los colores de la luz, pueden afectar nuestro humor y nivel de energía. El Dr. Liberman (1994) también mencionó que la luz juega un papel muy importante en el mantenimiento de nuestra salud.

Cuando se habla acerca de salud, balance y regulación fisiológica, se refiere a la función de los mayores guardianes de la salud de nuestro cuerpo: los sistemas nervioso y

endócrino. Los mayores centros de control de nuestro cuerpo son directamente estimulados y regulados por la luz. Un estudio llevado a cabo por Heerwagen (1992), evaluó los efectos de la luz en la salud, evaluando a compañeros de prisión con diferentes vistas desde sus celdas. Encontró que aquellos prisioneros con ventanas que permitían una mayor iluminación natural, y con vistas hacia una pradera o montañas, tenían rangos significativamente más bajos de enfermedades relacionadas con el estrés, que aquellos internos con vista al patio edificios de la prisión, con significativamente menos iluminación.

Estudios hechos por Ulrich (1985), soportan la efectividad de las “vistas naturales”. Debido a que las vistas hacia elementos naturales (paisaje, cordilleras, montañas, vegetación, cuerpos de agua, etc.) tienden a producir respuestas positivas, son más efectivas en reducir el estrés y la ansiedad, en aumentar la concentración, en mejorar el estado anímico. Ulrich encontró que observando vegetación y agua a través de proyecciones en diapositivas o películas es más efectivo en crear una recuperación psico-fisiológica del estrés, que la creación de escenarios sin elementos naturales. Incluso se encontró que las personas se recuperaban más rápido de manera más completa de eventos estresantes cuando eran expuestos a éste tipo de proyecciones. Los sujetos de estudio incluso mostraron una disminución en la tensión muscular, así como una posible disminución en la presión arterial. Ulrich reportó más estados emocionales positivos y estados de relajación en personas expuestas a “escenas naturales”.

La luz natural es un remedio para la curación de enfermedades de la piel, ya que contiene la cantidad correcta de rayos UV para que la piel se mantenga funcionando correctamente. La exposición a los rayos UV produce vitamina “D” en la piel que es esencial para las funciones metabólicas, incluyendo la absorción de calcio y fósforo.

4.3.1. Longitudes de onda de la luz

Las diferentes longitudes de onda, o distribuciones espectrales de la luz, tienen diferentes efectos en el cuerpo humano. La mayoría de las fuentes de luz eléctrica, carecen de la distribución espectral necesaria para completar las funciones biológicas, sin embargo, cabe mencionar que el espectro completo de las luminarias fluorescentes se acerca al de la iluminación natural. (Hathaway, et al., 1992:b).

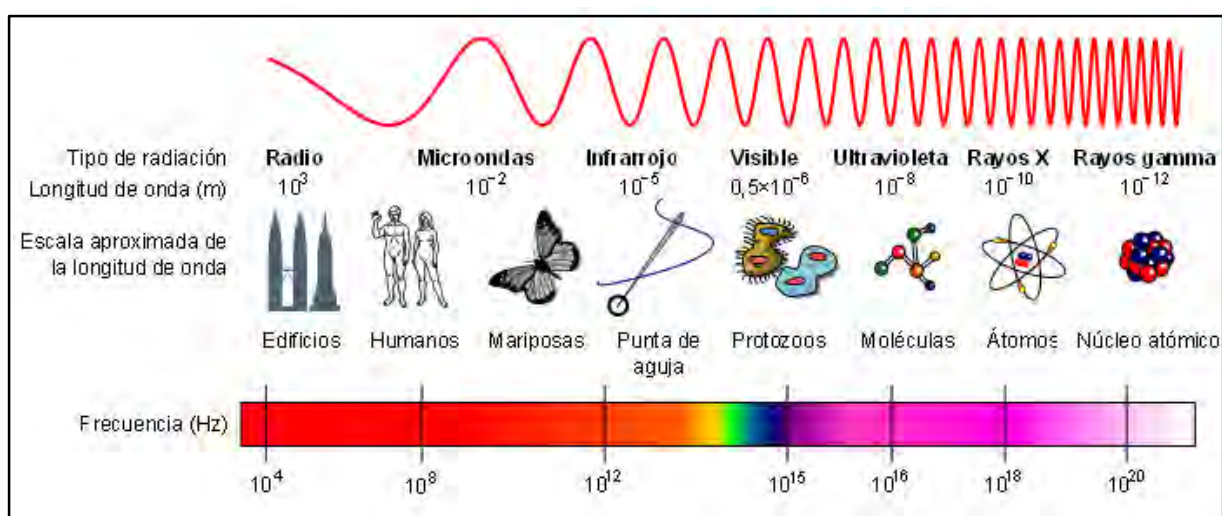


Figura 18: Longitudes de onda del espectro electromagnético. (Fernández, 2012)

La luz blanca fría, proveniente de luminarias fluorescentes se concentra en la porción amarilla a roja de la porción visible del espectro electromagnético. Las luminarias incandescentes de manera similar, se concentran en la porción naranja a roja. En comparación, la iluminación fluorescente de eficiencia energética, se concentra mayormente en la porción amarilla a verde. Sin embargo, estas tres fuentes de luz, carecen de la porción azul del espectro (Lieberman, 1991), que es la parte más importante para los seres humanos, la cual es provista por la iluminación natural. Cabe aclarar que la iluminación natural de espectro completo, es la fuente de energía eléctrica que más se asimila a la iluminación natural, ya que también se encuentra en la parte azul del espectro.

La luz natural brinda un mejor ambiente que la luz blanca fría o de luminarias fluorescentes de eficiencia energética, porque “la luz natural . Coincide con la respuesta visual que, a través de la evolución, los seres humanos han adoptado para compararla con cualquier otro tipo de luz” (Ott Biolight Systems, Inc., 1997: b). La mayoría de los seres humanos prefieren un ambiente con iluminación natural porque la luz solar consiste de un balance espectral del color, con su energía alcanzando levemente la porción verde-azul del espectro visible (Hathaway, et al., 1992:a). De acuerdo a Hathaway, la iluminación natural, también tiene los más altos niveles de luz necesarios para llevar a cabo funciones biológicas:

La acción espectral fotobiológica más importante para los seres humanos, se encuentra localizado en el rango de los 290 a 770 nanómetros. El enrojecimiento de la piel, la producción de vitamina “D”, ocurren en el rango de los 290 a 315 nanómetros. El bronceado o pigmentación de la piel y la reducción de caries dentales, ocurren en respuesta de la banda luminosa comprendida entre los 280 y 400 nanómetros. La visión es más sensible en el rango de los 500 a 650 nanómetros (luz amarillo-verdosa). La degradación de la bilirrubina ocurre en respuesta a la luz ubicada en el rango de los 400 a 500 nanómetros (luz azul) (Hathaway, et al., 1992:a).

4.3.2. Iluminación natural en escuelas y universidades

Un estudio realizado en la década de 1930 (Mc Beath y Zuker, 1938), provee evidencia irrefutable de los efectos que la luz natural tiene sobre los estudiantes. Los investigadores condujeron un estudio mostrando que los niños son más propensos a tener caries dentales en invierno y primavera, cuando pasan más tiempo al interior de las escuelas, y son menos propensos en los meses de verano, cuando tienen la posibilidad de salir más al sol.

Estos resultados se soportan con otro estudio realizado en Canadá comparando escuelas con iluminación artificial fluorescente de espectro completo, y escuelas

tradicionales con iluminación fluorescente convencional (Hathaway et al., 1992:a). Como ya se mencionó antes, la luz fluorescente de espectro completo, se asemeja en gran medida a la iluminación natural, pero no provee el mismo contenido espectral. El índice de decaimiento estudiantil en las escuelas con iluminación de espectro completo, disminuyó nueve veces, comparado con las escuelas con iluminación fluorescente convencional, como resultado de un incremento en la vitamina “D”.

Los estudios que soportan los efectos de la iluminación de espectro completo en la disminución de caries, conllevan experimentaciones en hamsters dorados, realizados por Sharon, Feller y Burney (1972). Dos grupos de hamsters fueron alimentados con la misma dieta productora de caries por 15 semanas, pero que fueron criados en diferentes espectros de luz. Un grupo de hamsters, fue criado bajo efectos de iluminación fluorescente blanca fría: el otro grupo fue expuesto bajo los efectos de luz fluorescente de espectro completo. Los hamsters del primer grupo tuvieron 5 veces más caries dentales severas, aquellos del segundo grupo.

La calidad de la luz, es también importante para los ojos de los estudiantes. Estos colectan y convierten la luz visible en pulsos eléctricos llamados “fotocorrientes” (Ott Biolight Systems, 1997:b). Estas fotocorrientes fluyen a través de los nervios ópticos hacia el cerebro. Estudios realizados en los laboratorios de la Universidad de Berkley – California, sugieren que las fuentes de luz con un contenido espectral más completo, proveen más “luz útil” al ojo humano. La luz natural provee el espectro más completo, y por consiguiente, la mayor cantidad de “luz útil”, además de reducir el nivel de estrés en el ojo. El estudio también demuestra que la lectura es la actividad que más estrés visual conlleva para un estudiante. El estrés puede causar una contracción en el campo visual del ojo que puede llevar a una reducción en el procesamiento de la información y la habilidad de aprendizaje (Liberman, 1991).

Una escuela con insuficiente luz puede también reducir la habilidad de aprendizaje del estudiante, debido al efecto que la luz tiene en su fisiología. El Dr. Walker encontró que

el estrés impacta en ciertas hormonas de crecimiento. Estudiantes en escuelas canadienses con iluminación fluorescente de espectro completo, crecieron 2.1 cm más en dos años (Hathaway, et al., 1992:b) comparados con aquellos que atendieron a una escuela con iluminación fluorescente tradicional. La actividad incrementada de estas hormonas, soporta las observaciones hechas por investigadores, de que los estudiantes expuestos bajo largos periodos de únicamente luz artificial, mostraban una clara disminución de sus capacidades mentales, y un aumento en su comportamiento físico en ocasiones agitado y en otras ocasiones con fatiga.

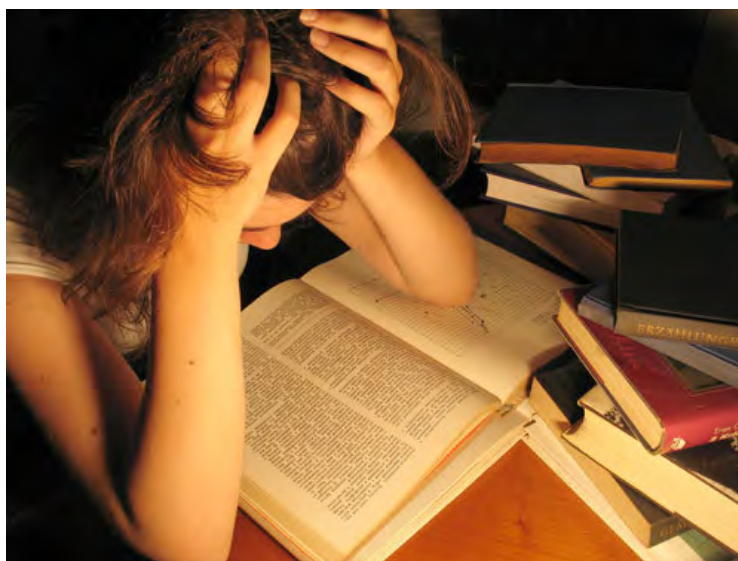


Figura 19. La lectura es la actividad que más estrés visual conlleva para el estudiante. (Alfaro, 2011)

Un estudio realizado por la el condado de Johnston, en Carolina del Norte, (Nicklas y Bailey, 1996) ha encontrado que la iluminación natural incrementa la asistencia tanto de estudiantes como de maestros, al tiempo que también incrementa los niveles de cumplimiento de metas, reducen los factores de fatiga, mejora la salud del estudiante y el desarrollo general.

Dicho estudio analizó y comparó los resultados en las pruebas escolares de una escuela: Primaria Four Oaks, en relación con el promedio general logrado entre otras escuelas

del mismo condado. Four Oaks, es una escuela diseñado para una mayor incidencia de iluminación natural al interior de las aulas.

En un caso único durante el estudio, el edificio original fue destruido por un incendio, y los estudiantes tuvieron que ser situados temporalmente en un salón de clases móvil, por dos años escolares. Durante ese tiempo, se construyó un nuevo edificio con una mayor incidencia de luz natural que el edificio original.

En la figura 14 se muestran los resultados de las pruebas. Fueron comparados entre el edificio viejo, el temporal y el nuevo con el fin de medir el desempeño académico afectado por la luz natural.

Antes de que el edificio original fuera destruido en diciembre de 1988, las pruebas de aptitud académica (CAT) mostraron que, antes del incendio, los estudiantes de Four Oaks estaban un 7% por encima del promedio general. Cuando los estudiantes se establecieron en el salón móvil, los resultados cayeron un 10% por debajo del promedio.

Los resultados del nuevo edificio, más iluminado naturalmente que el edificio original, mostraron una mejora substancial. En el primer año, los resultados de las pruebas, se incrementaron a un 9% por encima del promedio. Entre 1988 (el último año en el viejo edificio), y 1992 (el último año en que se efectuó el estudio), Four Oaks, tuvo un incremento del 15% en los resultados de las pruebas. El incremento en los resultados obtenidos por Four Oaks, fue del 3% por encima del promedio en el incremento de otras escuelas del condado, que reportaron un incremento del 12%, en el mismo periodo.

La investigación muestra que los estudiantes provenientes de aulas sin ventanas, son más hostiles, pensativos, e inadaptados, aparte a que tienden a tener menos interés por su trabajo, e incluso, muestran más niveles de rebeldía.

Aparte de los ya mencionados, otros de los efectos positivos más relevantes en el rendimiento y la salud de los alumnos, fueron los siguientes:

- 20% mayor rapidez en pruebas de matemáticas, en estudios realizados a niños entre 5 y 10 años
- 26% mayor rapidez en pruebas de lectura.
- Mejoría generalizada de rendimiento escolar del 5 – 14%
- Disminución de índices de agresividad
- Disminución de ausentismo
- Disminución de enfermedades
- Mejoramiento general de estado de salud

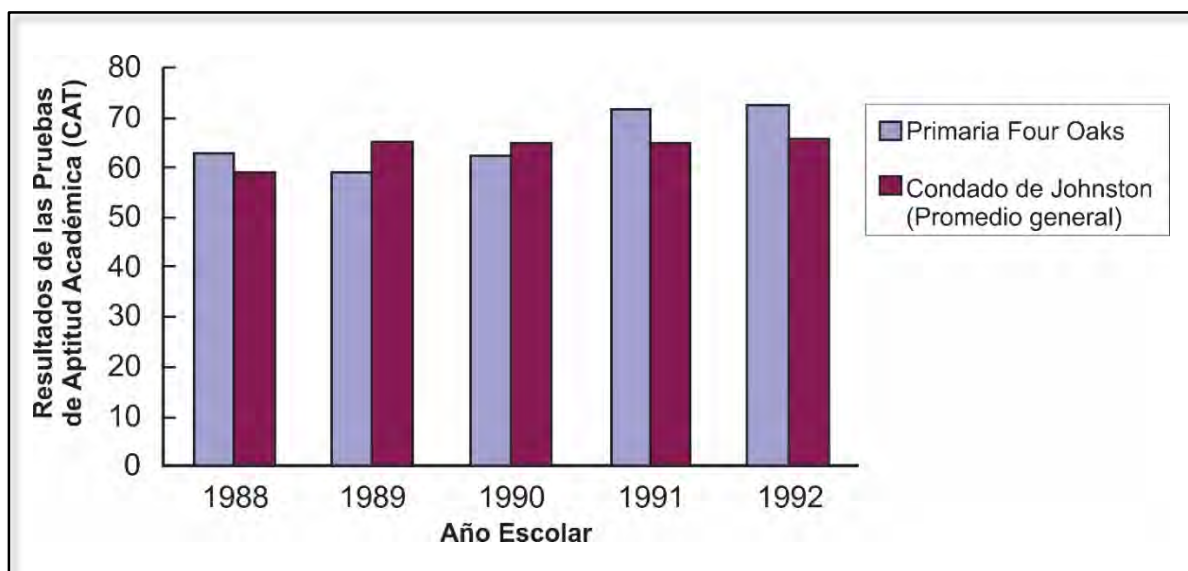


Figura 20. Resultados de las pruebas de aprovechamiento del Colegio Four Oaks Elementary vs las del promedio general de las demás escuelas del condado de Johnston, que no cuentan con un principio de diseño con luz natural. (Nicklas y Bailey 1997)

4.3.3. Conclusión

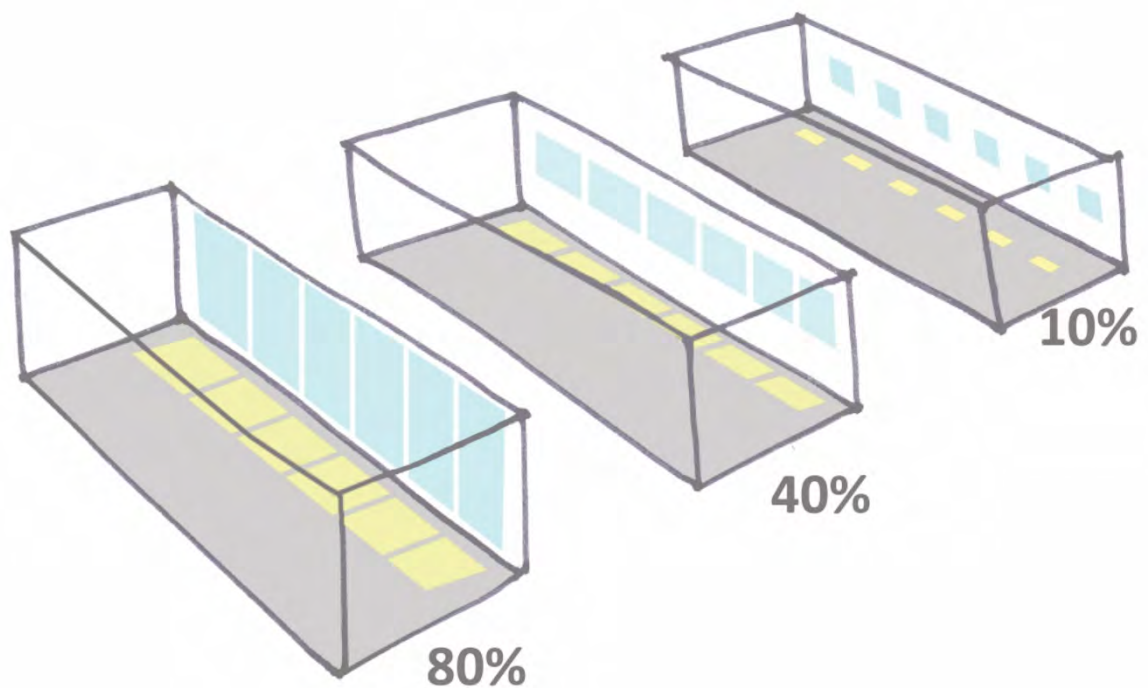
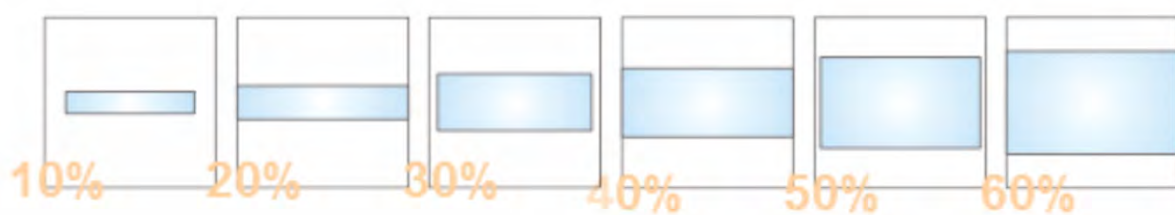
Como hemos visto, históricamente la luz natural es una fuente única por su abundancia, significado y generador de bienestar.

Culturalmente hablando, la luz es una materia de significados de certidumbre, verdad, fuerza benefactora e importante, generado de la vida que conocemos. Esta delicada materia es única, difícil de caracterizar para el arquitecto común.

En términos de fisiología humana, ante éste fenómeno, tenemos por un lado la productividad para el buen desempeño, la salud y la educación. El diseñador arquitectónico y el diseñador de iluminación, proyectan de la mejor manera posible el fenómeno de la luz natural que incide en cada espacio, considerando la lejanía con que ambos pueden entender dicho fenómeno.

CAPÍTULO 5:

PROPORCIÓN VANO-MURO



CAPÍTULO 5: PROPORCIÓN VANO-MURO

El espacio de un edificio debe poder leerse como una armonía de espacios iluminados. Cada espacio debe ser definido por su estructura y por el carácter de su iluminación natural. Aun un espacio concebido para permanecer a oscuras debe tener la luz suficiente proveniente de alguna misteriosa abertura que nos muestre cuán oscuro es en realidad.

Louis Kahn (Architectural Design, 1961)

El área de ventana en relación al área de muro, o la relación vano-muro (window to wall ratio (WWR)), es una de las claves de inter-relación cuando se diseña la penetración de la iluminación natural dentro de un espacio arquitectónico. Generalmente, la efectiva distribución de la luz de día de las ventanas perimetrales es una función que se toma en cuenta a partir de la altura de cerramiento de las ventanas. Sin embargo, varias interrogantes emergen cuando consideramos la posición, configuración y tamaño del área de ventanas ideales para un espacio en particular (Advanced Buildings, 2015).

El acristalamiento ubicado en la porción superior de un muro, tiende a incrementar los niveles de iluminación natural, aunque su contribución es insignificante en distancias más allá de éste punto. Adicionalmente, cuando el acristalamiento se concentra en una porción limitada del muro, el contraste entre las vistas al exterior y el muro opaco circundante, pueden ocasionar un marcado discomfort visual. Además, el acristalamiento en “bandas horizontales”, ayudan a proveer vistas más directas hacia el exterior (Advanced Buildings, 2015).

Las ventanas verticales, tienden a proveer una distribución más uniforme de la iluminación natural a través del área de piso en áreas acristaladas bajas (debajo del 40%. En acristalamientos mayores al 40%, la distribución de la luz de día se mantiene similar, debido a que el acristalamiento del muro es similar cuando el alféizar de la ventana es colocada a una altura de 75 centímetros o más. En áreas acristaladas menores al 30% brindan una distribución de la luz de día limitada al área inmediata (4.5 m).

Sin embargo, el acristalamiento en bandas horizontales ayuda a proveer vistas más directas hacia el exterior.

Además, cuando el acristalamiento se concentra en una porción limitada del muro, el contraste entre las vistas al exterior y el muro opaco circundante, pueden ocasionar un marcado discomfort visual.

Tomando en cuenta, que inclusive en áreas acristaladas al 100%, es poco probable que la distribución de la luz natural hacia el interior de un edificio exceda los 7.5 m en edificios de varios pisos, incluso considerando puntos de vista muy optimistas, con referencia a la altura del entrepiso, las reflectancias de las superficies interiores, y el uso de mobiliario especial.

Muchos diseñadores trabajando con superficies de entrepiso más profundas y sobre-acristalando el perímetro, muestran un esfuerzo por llevar la luz natural un poco más hacia adentro del edificio. Sin embargo, esto comúnmente incrementa el deslumbramiento y el contraste a un grado tal que deben utilizarse persianas para lograr mantener el confort visual. Esto se contrapone al objetivo principal del aumento en el acristalamiento, y compromete substancialmente a ambos: la iluminación natural y las vistas.

Una mucho mejor opción es la de pensar en el acristalamiento del edificio con el fin de proveer una distribución luminosa más difusa de la luz natural a través de una profundidad más realista, y la disminución de las áreas acristaladas, para asegurar que las áreas ocupadas sean situadas en el rango de alcance de la apertura de la iluminación natural. En lugar de tratar de “introducir más luz natural hacia el interior del edificio”, una mejor estrategia es la de llevar más del edificio hacia la luz.

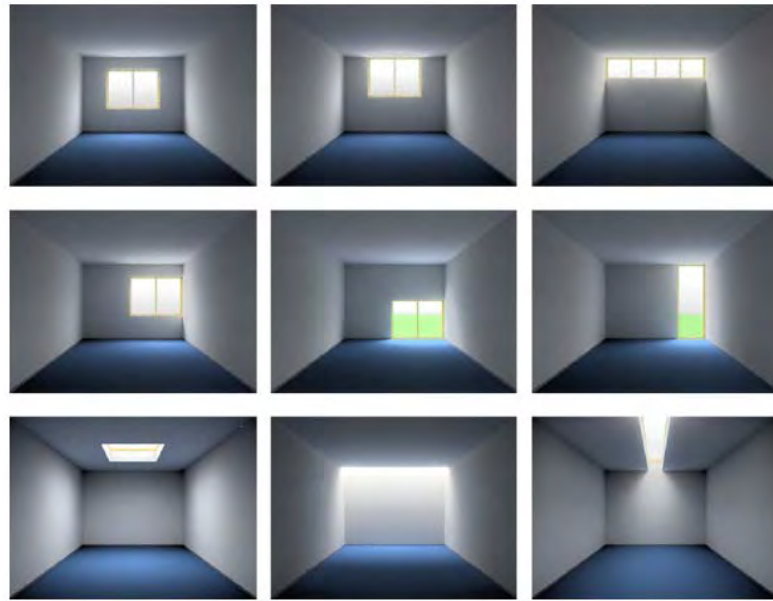


Figura 21. La imagen ilustra la manera en cómo la proporción vano-muro influye tanto en la cantidad, como en la calidad de incidencia de luz natural al interior de un espacio. (Foto: Arquitectura Sensorial, 2015).

5.1. APROVECHAMIENTO DE LA PROPORCIÓN VANO-MURO PARA UNA ILUMINACIÓN EFICIENTE

Existen muchos estudios en materia de la proporción vano-muro, y cómo afecta tanto la cantidad como la calidad de la iluminación natural en un interior. De dichos estudios, destaca el realizado por el Programa de Tecnologías de la Construcción, en la División de Energía y Medio Ambiente, del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley (O'Connor, et. al., 1997). Dicha investigación fue patrocinada por el Instituto para la Eficiencia Energética de California (CIEE, por sus siglas en Inglés), y se trata de una guía muy sencilla donde se hacen algunas recomendaciones para el máximo aprovechamiento de la luz natural, así como algunos métodos que ayudan a cuantificar los niveles de impacto lumínico y energético.

El objetivo de dicho estudio es el de diseñar el edificio tomando en cuenta la masividad, la fachada, las ventanas y el interior para maximizar la efectividad de la luz de día, proveyendo de confort al ocupante y minimizando el deslumbramiento.

5.1.1. Forma del edificio y su envolvente

Algunas recomendaciones son:

En relación con la forma y envolvente del edificio:

- 1) Incrementar la exposición a la luz natural: entre más alto se encuentre el cerramiento de las ventanas, mayor será el porcentaje de área de piso disponible para la luz natural. Vanos largos y angostos, son preferibles a los cuadrados hasta cierto límite, sin embargo, esto puede significar un problema de sobrecalentamiento o sobreenfriamiento. Las orientaciones Norte y Sur, son preferibles en comparación con las Este-Oeste.
- 2) Forma del edificio: La forma del edificio puede ayudar a una mayor ventilación, proporcionando un auto-sombreado a través de aleros y otras articulaciones masivas, como balcones, arcadas, etc.
- 3) Tomar una aproximación de fachada profunda: Una fachada con volúmen crea una zona de amortiguamiento que puede contener elementos de sombreado y otros modificadores para filtrar el deslumbramiento y bloquear los rayos solares. (Ver figura 21).
- 4) Capitalizar en otros elementos del edificio para integrar el sombreado: por ejemplo utilizando salientes, louvers, alerones y repisas de luz puede estar integrado tanto estructural como visualmente con el exterior del sistema constructivo.

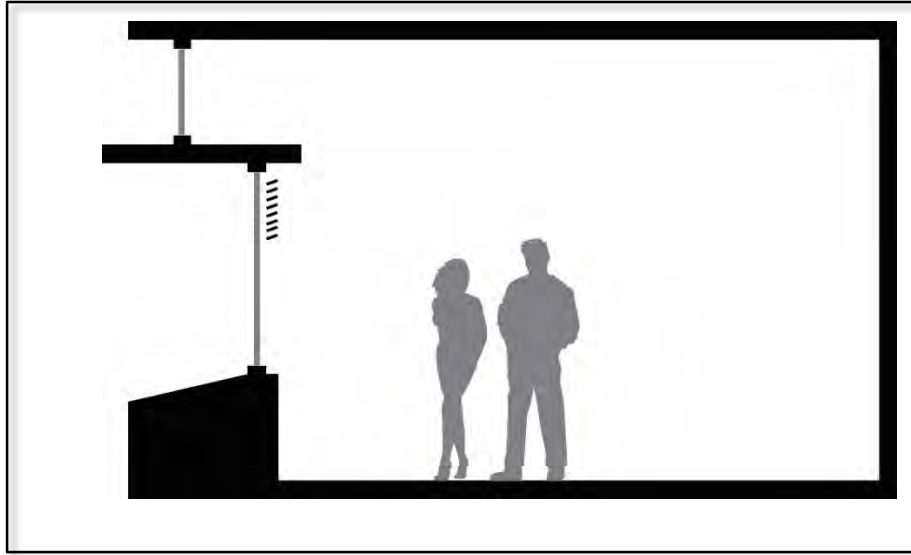


Figura 22. Una sección de muro con profundidad, provee auto-sombreado, permite la fácil integración de repisas de luz, crea superficies que mitigan el deslumbramiento, y reduce la transmisión del ruido (O' Connor, et. al., 1997).

- 5) Capitalizar en otros elementos del edificio para integrar el sombreado: por ejemplo utilizando salientes, louvers, alerones y repisas de luz puede estar integrado tanto estructural como visualmente con el exterior del sistema constructivo.
- 6) Balance de admisión de la luz natural: Espacios con ventanas en dos lados, frecuentemente mejoran la distribución lumínica.
- 7) Mantener las oficinas privadas poco profundas: Mantener la profundidad de los locales entre 1.5 y 2.0 veces la altura del cerramiento para adecuar los niveles de iluminación y balancear su distribución.

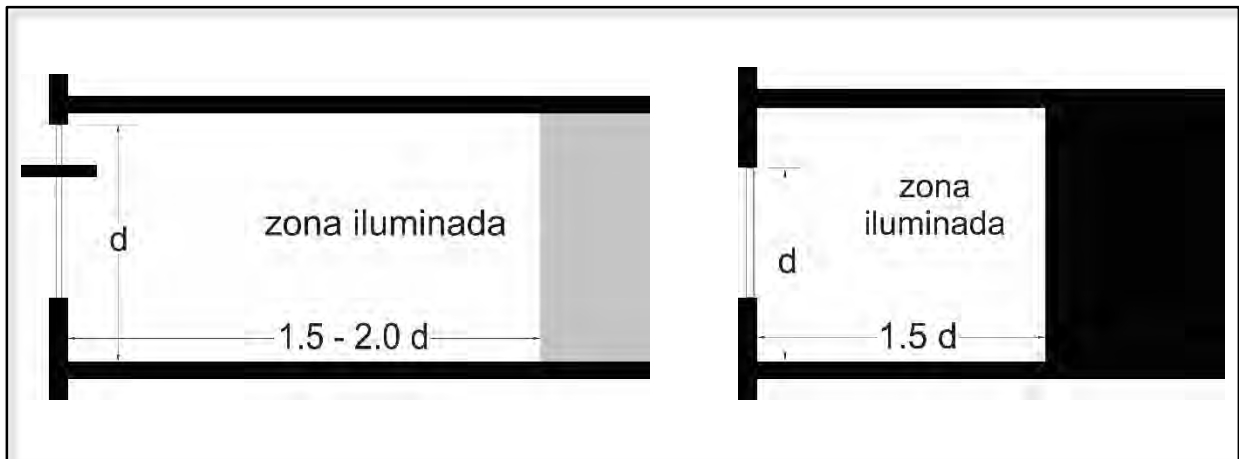


Figura 23. La profundidad ideal de un local para asegurar una buena iluminación natural, es aquella que tiene una distancia de entre 1.5 y 2.0 veces la altura del cerramiento (O' Connor, et. al., 1997).

- 8) Considerar el color y la textura de las superficies exteriores: Las superficies claras reflejarán mayor luz natural que las superficies oscuras. Las superficies especulares (ej. Azulejos vidriados, o cristal reflejante) pueden propiciar deslumbramiento si se les observa directamente. La iluminación difusa reflejada del suelo puede incrementar la disponibilidad de la luz natural.

5.1.2. Ventanas y acristalamiento

En relación con el tipo de ventanas:

- 1) Entre más alta esté la ventana, la distancia que abarca la zona iluminada naturalmente es más profunda. Como ya lo vimos anteriormente, la profundidad práctica de la zona iluminada es generalmente de 1.5 veces la altura del cerramiento. Con una repisa reflejante de luz, esta zona puede extenderse a 2.5 veces dicha altura.
- 2) Las ventanas en línea, proveen una mejor distribución lumínica. Una ventana con separaciones, pueden ser aceptables, pero los quiebres entre las ventanas, pueden crear contrastes de luz y áreas oscuras. Sin embargo, esto puede

solucionarse, si las áreas de trabajo se ponen a la par de las ventanas y si se toman las medidas adecuadas referentes a posibles deslumbramientos.

- 3) Las ventanas largas requieren un mayor control. Para este tipo de ventanas, la selección del acristalamiento y la efectividad del sombreado se vuelven primordiales a la hora de controlar la ganancia térmica y el deslumbramiento.
- 4) Una recomendación importante es la de determinar el tamaño de la ventana y el tipo de acristalamiento al mismo tiempo. Entre más grande sea el área acristalada, la transmitancia visible requerida se vuelve más baja. Es recomendable utilizar los criterios de Abertura Efectiva (EA por sus siglas en inglés). El acristalamiento a escoger debe buscar una EA de aproximadamente 0.30.

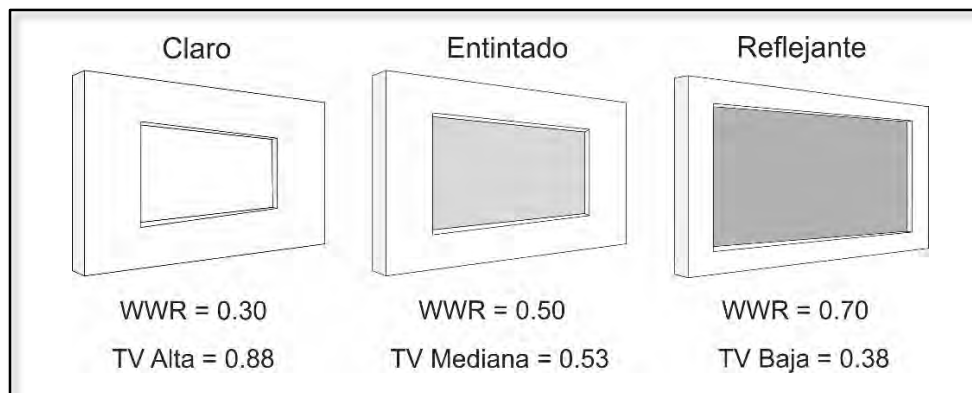


Figura 24. La Abertura Efectiva (EA), se describe como la transmitancia visible (TV) multiplicada por la proporción vano-maciso (WWR). Estas tres ventanas poseen la misma EA (O' Connor, et. al., 1997).

- 5) Mantener a los usuarios de un espacio lejos de grandes áreas acristaladas es de vital importancia, ya que pueden ser una fuente de discomfort térmico.
- 6) Usar aberturas separadas para vista y para iluminación. Separar ambos el uso de ambos elementos puede ser primordial para garantizar un nivel de confort tanto lumínico como térmico. Los acristalamientos en claristorios deben tener una alta

transmitancia, y los destinados al control del deslumbramiento pueden tener una menor transmitancia.

- 7) Posicionar las ventanas hacia la luz directa en cubiertas y techumbres. Para una mejor distribución, lo mas recomendable es usar techos más altos y ventanas también altas. Un techo inclinado (con la parte más alta hacia la ventana), es una manera de relacionar de manera adecuada una ventana alta con una altura normal piso a piso.
- 8) Utilizar mas superficies de colores claros para una buena distribución lumínica.
- 9) Incorporar elementos de sombreado con las ventanas. Estos dispositivos, tienen realmente una triple finalidad: bloquean el calor del sol, así como los rayos solares directos y suavizan los contrastes nocivos en iluminación.
- 10) Utilizar formas horizontales en las ventanas, ya que proveen una distribución más uniforme. Las ventanas verticales son más propensas a crear contrastes más fuertes entre luz y sombra, aunque las ventanas más altas se traducen en una penetración lumínica más profunda.
- 11) Coloque las ventanas hacia vistas que capturen el interés y la atención. El cielo por sí solo, no es una vista preferida. Las vistas que incluyen el horizonte son mejores.
- 12) Cuando las ventanas son localizadas cerca de las superficies de algún local (muros, losas, etc.), éstas ayudan a reflejar y redistribuir la luz natural.

Nota: En el capítulo 3.4.2.1 de las Normas Complementarias del Reglamento de Construcción del Distrito Federal, se establece que el área de las ventanas para iluminación, no será inferior al 17.5% del área del espacio en todas las edificaciones, a

excepción de los espacios complementarios donde éste porcentaje no será inferior al 15%.



Figura 25. Las ventanas localizadas cerca de las superficies de un local proveen una mejor distribución luminosa (Architectural Energy Corporation, 2005).

13) Es recomendable tratar cada orientación de ventana de manera diferente para mejores resultados:

- **Norte:** Alta calidad. Luz natural con mínimas ganancias de calor. Sin embargo, se obtiene pérdida térmica durante las condiciones de calentamiento y asociado con problemas de confort. Posibilidad de sombreado sólo en las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde (Lo anterior para el hemisferio norte, ya que en el hemisferio sur, se traduce a una incidencia de luz directa con fuerte iluminación).

- **Sur:** Acceso de una fuerte iluminación en regiones ubicadas en el hemisferio norte, sin embargo varía a través del día. El sombreado es sencillo.

- **Este y oeste:** El sombreado es crítico para el confort en ambas orientaciones y para la ganancia de calor, especialmente en la fachada oeste (sin importar si se encuentra en el hemisferio norte o sur). Las ventanas que se encuentran orientadas al norte y al sur, crean menos problemas.

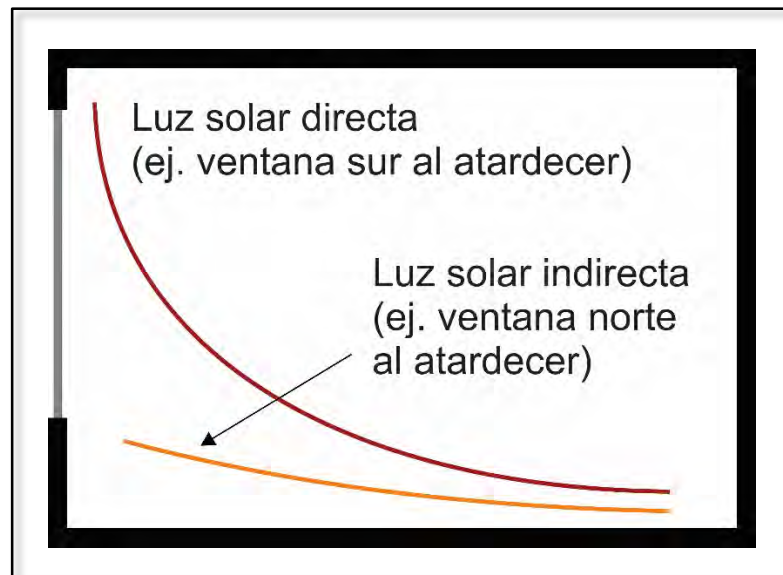


Figura 26. Curvas de distribución luminosa según la orientación de las ventanas (O' Connor, et. al., 1997).

- 14) No desperdiciar áreas de acristalamiento donde no puede ser vista, tales como en áreas por debajo de la altura de trabajo, ya que desperdicia energía, causa discomfort (especialmente en invierno) y provee poco beneficio.

5.2. DETERMINACIÓN DEL ÁREA NETA DE ACRISTALAMIENTO.

En el análisis del tipo de cristal que utilizaremos en una obra arquitectónica, generalmente no se toman en cuenta ciertas variables que afectan el área de acristalamiento utilizado. Para ello, hay una fórmula que nos ayuda a determinar el área

netas de acristalamiento, tomando en cuenta factores como: transmitancia visual, el ángulo vertical del cielo, la reflectancia promedio del área medida, el factor de luz de día, y el área total de las superficies interiores.

Dicha fórmula considera un área rectangular cuya profundidad es no más de 2.5 veces la altura de cerramiento de la ventana. También toma en cuenta un tipo de cielo cubierto.

$$\text{Área Neta de Acristalamiento Requerida} = \frac{\text{Factor de luz de día promedio} \times \text{Área total de superficies interiores} \times \left(1 - \frac{\text{Reflectancia promedio del área medida para todas las superficies interiores}}{\text{Transmitancia Visible}} \right)}{\text{Ángulo vertical del cielo visible desde el centro de la ventana}}$$

Donde,

- Factor de luz de día, utiliza:
 - 1 Si se desean espacios con poca luz
 - 2 Si se desean espacios con luz promedio
 - 4 Si se desean espacios brillosos
- Área total de superficies interiores: añadir el área total de superficies de muros, cielos y pisos.
- Reflectancia promedio del área medida: Radio entre 0 y 1. Añadir el área total de superficies de muros, cielos, pisos, ventanas, muros divisorios, mobiliario, y reflectancia promedio calculada:

Nota: para regiones donde predominan cielos despejados, el área de la ventana puede ser más pequeña a la calculada con la presente ecuación, que, para ser transformada en el área total de ventana (que incluye marcos y parteluces) simplemente se multiplica por 1.25.

$$\text{Reflectancia Promedio del área medida} = \frac{\text{Área de Muro X Reflectancia de Muro}}{\text{Área total de la Superficie}} + \frac{\text{Área de Muro X Reflectancia de Muro}}{\text{Área total de la Superficie}} + \dots \text{etc.}$$

* Usar el valor de 0.5 como default.

- Transmitancia visible:

0.70 para ventanas pequeñas

0.50 para ventanas medianas

0.30 para ventanas grandes

- Ángulo vertical del cielo: Estimar el ángulo como se muestra en la siguiente figura desde el centro de la ventana. Valor entre 0 y 90. Si no existen obstrucciones, el ángulo vertical es igual a 90°.

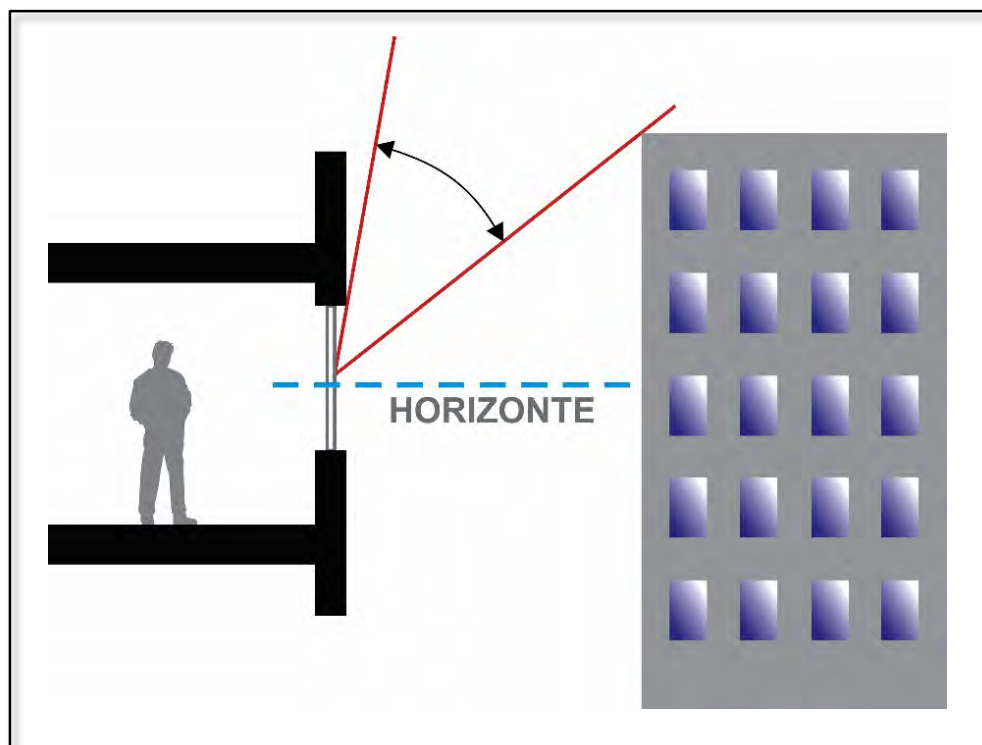


Figura 27. Esquema que muestra el método para determinar el ángulo vertical del cielo. (Lynes, 1979)

5.3. ELECCIÓN DEL ACRISTALAMIENTO

Debemos tomar en cuenta el tipo de acristalamiento a utilizar para cada característica crítica de cada ventana, de acuerdo a las necesidades de cada una. A continuación se describen cada una de ellas:

- **Transmitancia visible:** o transmitancia de luz de día. Se refiere al porcentaje de luz visible que cae en el cristal y que pasa a través de él. Por lo general, los acristalamientos con una transmitancia visible alta, proveen suficiente luz natural y vistas inalteradas; sin embargo, pueden provocar problemas de deslumbramiento. Los acristalamientos con transmitancia visible baja, son mejor usados en condiciones de gran sensibilidad al deslumbramiento, pero pueden crear interiores sombríos, bajo algunas condiciones climáticas y disminuir vistas importantes. No son recomendables para muchas aplicaciones de luz natural, ya que no proveen suficiente luz para tareas visuales típicas.
- **Reflectancia visible:** o reflectancia de luz de día. Indica hasta qué grado el acristalamiento se asemeja a un espejo tanto desde el interior, como desde el exterior. Se define como el porcentaje de luz natural que cae sobre el cristal y es reflejado.
- **Coeficiente de ganancia solar térmica (SHGC, por sus siglas en inglés), y Coeficiente de sombreado (SC):** son indicadores de la ganancia solar térmica total. El SHGC, es el ratio del calentamiento solar que se transforma en energía solar incidente, y que generalmente se encuentra entre el rango de 0.9 a 0.1, donde los valores más bajos indican menor ganancia solar. Estos índices son números inmedibles entre 0 y 1, que indica el calentameinto total transferido por la radiación solar.

$$SC = 1.15 \times SHGC$$

- **Valor U ($\text{W/m}^2 \times \text{K}$, $\text{Btu/h} \times \text{ft}^2 \times \text{F}$):** es una medida de transferencia calorífica a través del cristal debido a una diferencia de temperatura entre interiores y exteriores. El valor U es el rango del flujo calorífico, por lo que el valor R es la resistencia a dicho flujo ($R=1/U$). Ésta propiedad es importante para reducir la carga calorífica en climas fríos, para reducir la carga frigorífica en climas cálidos extremos, en cualquier aplicación donde el confort cerca de las ventanas es deseada, y cuando la condensación del cristal debe evitarse.
- **Transmitancia Ultravioleta:** indica el porcentaje de radiación ultravioleta que cae en el cristal y pasa a través de él.
- **Selectividad Espectral:** se refiere a la habilidad del cristal para responder de manera diferente a distintas longitudes de onda de la energía solar. En otras palabras, para admitir luz visible, mientras rechaza calor infrarrojo visible no deseado. Un cristal con una alta transmitancia visible alta, y un bajo coeficiente de ganancia solar térmica, indica que el acristalamiento es elegible.

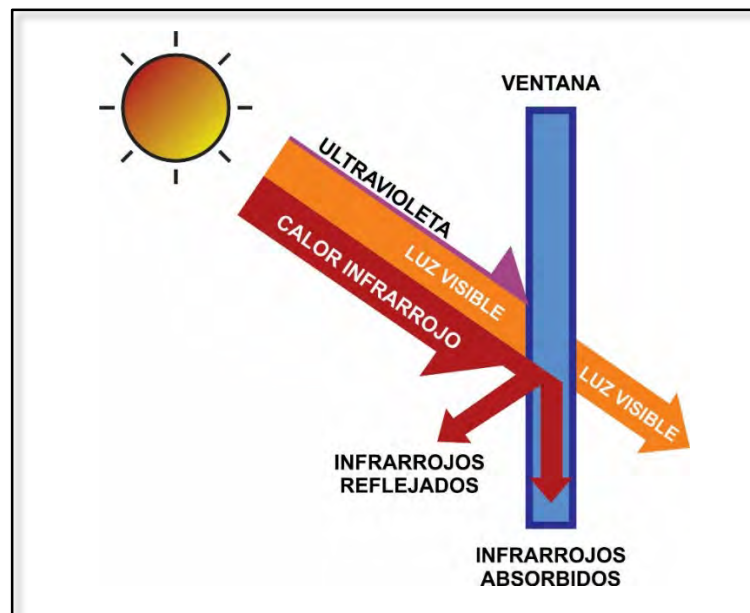


Figura 28. El ideal espectral de un acristalamiento, admite sólo una parte de la energía solar que es útil para la iluminación natural (O'Connor et. al., 1997).

- **Color del cristal:** afecta la apariencia de una visual y la apariencia de los acabados interiores. El color, es la propiedad que generalmente predomina en la selección del cristal y puede complicar el diseño de iluminación natural innecesariamente.

5.3.1. Proceso de selección

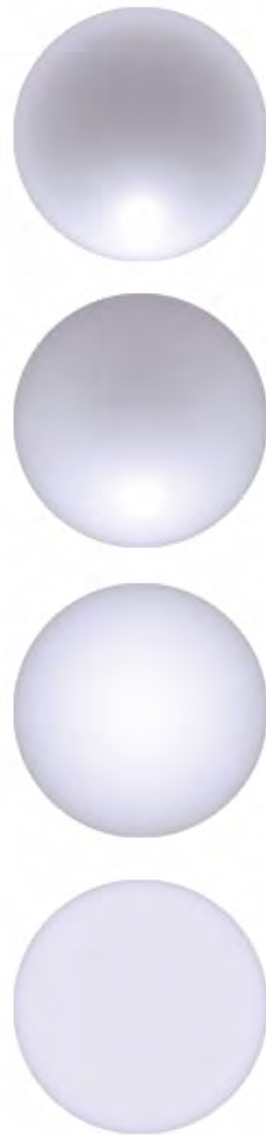
Para una adecuada selección del acristalamiento a utilizar en un proyecto arquitectónico, es importante tomar en cuenta diferentes factores, los cuales se ennumeran a continuación:

- 1) Escoger entre acristalamiento doble o sencillo: Generalmente, el doble acristalamiento mejora los niveles de confort en zonas perimetrales, ya que ofrece una gran flexibilidad en la selección del producto, mejora el desempeño acústico y reduce las cargas mecánicas. El acristalamiento sencillo, en combinación con elementos de sombreado exteriores, pueden ser efectivos en climas templados si existe una radiación solar significativa.
- 2) Elegir un acristalamiento selectivamente espectral: Una buena medida es la elección de un acristalamiento con una moderada transmitancia visible, para el control del deslumbramiento (50-70% dependiendo de las tareas visuales, el tamaño de la ventana y la sensibilidad al deslumbramiento).
- 3) Balancear el conflicto entre el deslumbramiento y la luz útil: Si el deslumbramiento es un problema anticipado y si una solución arquitectónica no es posible, entonces seleccione el acristalamiento de acuerdo a una transmitancia visual, que compense entre el deslumbramiento y la luz. Una transmitancia visual del 25%, a pesar de ser baja, puede aún proveer una adecuada iluminación natural.

- 4) Puede existir una compensación entre el tamaño de la ventana y la elección del cristal: Las grandes áreas de ventana requieren una transmitancia visual más baja, mientras que las ventanas pequeñas requieren una transmitancia visual más alta. Un valor de abertura efectiva (EA) ideal es entre 0.20 y 0.30.
- 5) Grandes ventanas requieren un mejor acristalamiento: Entre más grande sea una ventana, menor ganancia solar térmica y transmitancia visible es requerida.
- 6) No debe asumirse que un cristal oscuro provee un buen control solar: Muchos cristales oscuros, bloquean más luz que calor, y la disminución en la carga de enfriamiento es mínima. Este tipo de acristalamiento, puede producir interiores sombríos y puede afectar la productividad y aumentar el ausentismo, aparte de que incrementa el discomfort de los usuarios en un día soleado.
- 7) Es importante tomar en cuenta otros factores para reducir la ganancia calorífica y el discomfort, y no sólo resolver el problema con la elección del cristal. Una buena medida es combinar una buena elección de cristal con elementos de sombreado externos y/o internos.
- 8) Si es posible, es recomendable cambiar el tipo de acristalamiento de acuerdo a la fachada. Debe considerarse un bajo coeficiente de ganancia calofírica solar en el sur, este y especialmente en ventanas ponientes, ya que reducen la carga de enfriamiento.

CAPÍTULO 6:

FACTOR DE LUZ DE DÍA



CAPÍTULO 6: FACTOR DE LUZ DE DÍA

La luz artificial es sólo un breve momento estático de la luz, es la luz de la noche y nunca puede igualar a los matices creados por las horas del día y la maravilla de las estaciones

Louis Kahn (Architectural Design, 1961)

El Factor de luz de día (FD), es una medida de iluminación natural dentro de un espacio. Cuantifica la cantidad de luz en un punto específico en relación con la cantidad de luz natural disponible en el exterior. También puede definirse como el cociente entre la iluminancia de un punto con relación a la iluminancia exterior medida sobre un plano horizontal excluyendo en ambas medidas la luz solar directa. Es decir, se hacen dos medidas: una en el interior y otra en el exterior a la sombra y se saca el cociente entre ambas.

Un FD del 2% significaría que la luz incidente al interior de un espacio es el 2% de la luz natural del exterior. Por ejemplo, si la iluminación natural del exterior es de 8,000 lux, la cantidad de luz existente en el interior sería de 160 lux.

La iluminación natural exterior puede variar de 5,000 lux (en un día altamente nublado) hasta 40,000 lux en un haz de luz directa. Esto es mucho más de lo que se necesita para una adecuada iluminación interior. Generalmente, la cantidad de luz en un espacio, requiere de aproximadamente 500 lux, según la norma internacional, y de 300 lux, según la norma nacional, para espacios de trabajo. Algunos valores de iluminancia de referencia son:

- Soleado verano (70,000 – 100,000 lux)
- Nublado verano (20,000 lux)
- Nublado invierno (3,000 lux)
- Necesario para leer (100 lux)

- Trabajo de oficina (300 – 800 lux)

Existen espacios que requieren mayor o menor índice lumínico, dependiendo de las actividades que se realizan al interior del mismo. La cantidad de luz natural, puede ser especificada a partir del “factor de luz de día” (Daylight quotient Dq), que es el cociente entre la iluminancia de un punto con relación a la iluminancia exterior medida sobre un plano horizontal excluyendo en ambas medidas la luz solar directa. Es decir, se hacen dos medidas una en el interior y otra en el exterior a la sombra y se saca el cociente entre ambas.

Si hay informaciones meteorológicas sobre las distintas luminosidades exteriores a la sombra, es posible utilizar éste índice para prever en qué medida será necesario proveerse de luz artificial con el objetivo de garantizar un nivel de iluminancia adecuado. Este factor de luz de día (FD), debe ser lo más uniforme y lo más elevado posible dentro de un local.

6.1 TIPOS DE CIELO

Cada vez que vemos el cielo, nos damos cuenta que sus características tanto físicas como visuales cambian de un momento a otro debido a diferentes factores, tales como la trayectoria del sol, las estaciones del año y la nubosidad existente entre muchos otros factores.

Debido a la dispersión atmosférica y la reflexión de las nubes, la luz difusa proveniente de la bóveda celeste, varía en dependencia de las condiciones ambientales. La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) ha clasificado por medio de modelos matemáticos diferentes tipos de cielo con el fin de obtener la luminosidad real de los mismos.

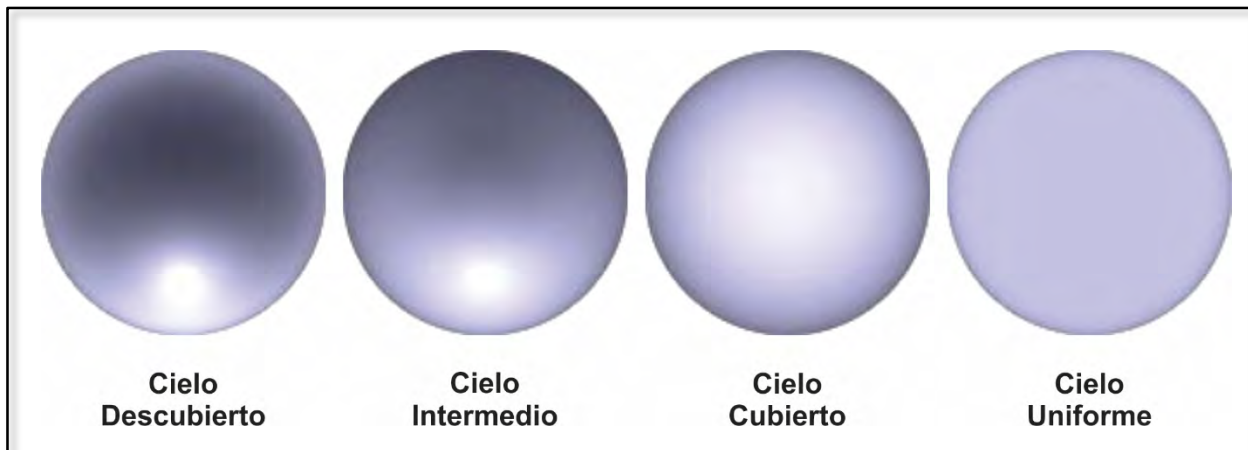


Figura 29. Clasificación de cielo según CIE (Commission internationale de l'éclairage, 2007)

- Cielo Descubierta: Los estándares de luminancia CIE para un cielo descubierta, varían según la altitud y el acimut. Es más brillante alrededor del sol, y se va difuminando a medida que se opone a él. El brillo del horizonte se encuentra entre éstos dos extremos.
- Cielo Intermedio: Es una variación de los estándares para el cielo descubierta. El sol no es tan brillante como en el tipo antes mencionado, y las variantes de brillantez no son tan drásticos.
- Cielo Cubierta: Los estándares CIE para cielo cubierto varía según la altitud. La luminancia es tres veces tan brillante en el cenit, como lo es cerca de la línea del horizonte. Es el tipo de cielo que se utiliza para el cálculo de los factores de día, y el que se reproduce en los laboratorios de cielo artificial.
- Cielo Uniforme: el cielo uniforme estándar, se caracteriza por poseer una luminancia uniforme que no cambia con el acimut ni con la altitud. Este tipo de cielo refleja los resultados obtenidos cuando los cálculos eran hechos a mano, o con una serie de tablas. Hoy día sólo se utiliza para temas relacionados con los "Derechos de Luz".

6.2. FACTOR DE OBSTRUCCIÓN

Cuando existen elementos en el exterior de un edificio que impiden en cierta medida el ingreso completo de la luz a través de un vano, se dice que ese elemento es una obstrucción. Existen dos tipos de obstrucción según su naturaleza:

- 1) Obstrucciones naturales: árboles, arbustos, el terreno, montañas, etc.
- 2) Obstrucciones artificiales: calle, casas, edificios, herrería, etc.

El factor de obstrucción designa un valor decimal a estos elementos, ya sean naturales o artificiales, según el porcentaje de vano que cubre, visto desde el interior del local a analizar. Dicho factor se estima según la vista que se tenga aproximadamente a una distancia de 3.3 metros alejados de la ventana y de manera centrada con respecto al vano. La altura de la misma debe de ser a nivel de la superficie de trabajo, y de acuerdo a la siguiente imagen:

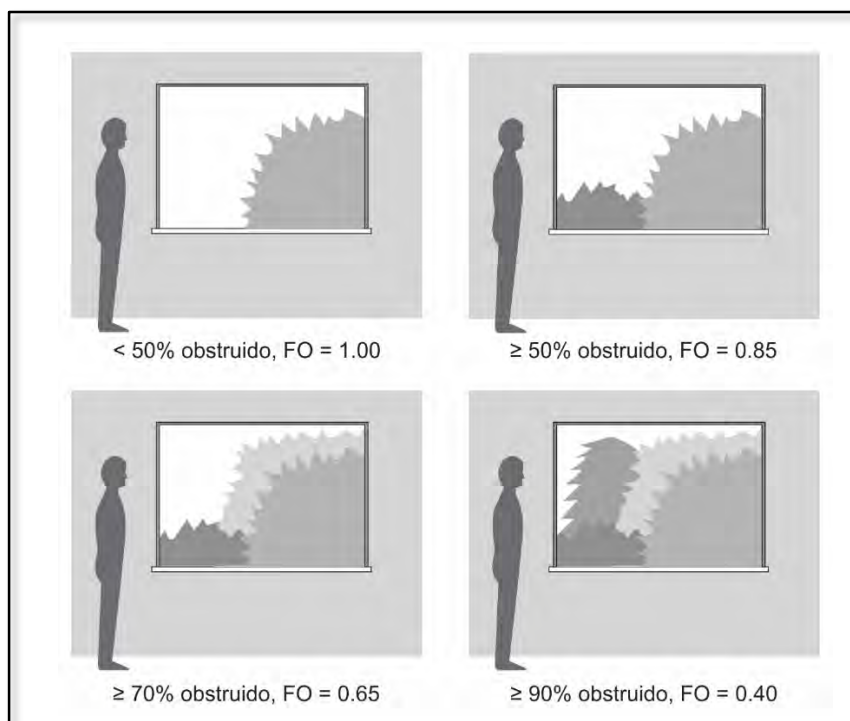


Figura 30. Diferentes factores de obstrucción con su valor decimal (O' Connor, et. al., 1997).

6.3. CÁLCULO DE LA VIABILIDAD DE LUZ NATURAL

Es un cálculo que permite predecir la cantidad de luz natural que se puede utilizar en varias áreas de un edificio (Daylighting Manual, 1990). Dicho cálculo consta de 4 pasos:

- 1) Calcular la proporción vano-muro (WWR) para un espacio u oficina típicos.

$$\frac{\text{Área Neta Acrystalada}}{\text{Área Total de Muro Exterior}} = \text{Proporción Vano-Muro (WWR)}$$

- 2) Hacer una selección preliminar del tipo de acristalamiento, y notar la transmitancia visible (TV), según la siguiente tabla:

Acrystalamiento tipo genérico (6 mm)	Transmitancia Visible Típica (TV)
Cristal sencillo claro	0.89
Cristal sencillo entintado - verde o verde azulado	0.70
Cristal sencillo entintado - azul	0.57
Cristal sencillo entintado - bronce	0.53
Cristal sencillo entintado - gris	0.42
Cristal sencillo entintado - extra oscuro	0.14
Cristal sencillo reflejante - ligero	0.35
Cristal sencillo reflejante - medio	0.25
Cristal sencillo reflejante - alto	0.12
Cristal doble claro	0.80
Cristal doble entintado - verde o verde azulado	0.65
Cristal doble entintado - azul	0.51
Cristal doble entintado - bronce	0.47
Cristal doble entintado - gris	0.39
Cristal doble reflejante - ligero	0.30
Cristal doble reflejante - medio	0.20
Cristal doble refelejante - alto	0.10
Cristal doble de baja emesividad (Low-E) claro	0.70
Cristal doble Low-E - verde o verde azulado	0.63
Cristal doble Low-E - azul	0.49
Cristal doble Low-E - bronce	0.45
Cristal doble Low-E - gris	0.37
Productos con película Low-E suspendidos	0.27 - 0.60

Tabla 8. Acrystalamientos típicos con sus respectivas transmitancias visibles. (Daylighting Manual, 1990)

3) Estimar el factor de obstrucción (ver inciso 6.2. Factor de Obstrucción)

4) Calcular el factor de viabilidad

$$\text{WWR} \times \text{TV} \times \text{FO} = \text{Factor de Viabilidad}$$

Si el Factor de Viabilidad (FV) es ≥ 0.25 , entonces la luz natural tiene el potencial de traducirse en grandes ahorros energéticos, y en una buena iluminación que aumentará el confort tanto visual como lumínico de los usuarios. Si el FV es < 0.25 , debe considerarse la opción de remover las obstrucciones, aumentar el área de acristalamiento, o incrementar la transmitancia visible. Si estas modificaciones no son posibles, es poco probable que la iluminación natural funcione eficientemente como reductor de energía y de costo. Sin embargo, las ventanas podrían aún ser diseñadas para proveer importantes vistas hacia el exterior, y controlar el deslumbramiento.

6.4. FÓRMULAS DE CÁLCULO PARA EL FACTOR DE LUZ DE DÍA (FD)

Existen una serie de métodos de cálculo que nos permiten encontrar el factor de luz de día. La siguiente ecuación es un método simplificado que calcula éste factor para un local rectangular cuya profundidad es menor a 1.5 veces la altura del cerramiento de una ventana en un día nublado (Arias, Ávila, 2000):

$$\text{FD} = \frac{\text{TV} \times \text{Ángulo de cielo visible} \times \text{Área de cristal}}{2 \times \text{Superficie Total} \times (1\text{-LR promedio})}$$

Adicionalmente, la misma fórmula puede ser modificada como se muestra a continuación para determinar el área de acristalamiento requerida para proveer un FD deseado:

$$\text{Área de acristalamiento requerido} = \frac{2 \times \text{Superficie total} \times \text{FD} \times (1\text{-LR promedio})}{\text{TV} \times \text{Ángulo de cielo visible}}$$

Donde:

TV = Transmitancia visible del cristal

Angulo del cielo = Es el ángulo vertical entre los puntos más bajos, y más altos del cielo que son visibles desde el centro de la ventana. Para una ventana vertical, éste valor fluctúa entre 0 y 90 grados.

Superficie total = Es el área total de las superficies interior (en muros, piso, plafón y puertas)

Área del cristal = (no incluye los marcos) es aproximadamente el 80% del área real de la ventana.

LR Promedio = es el área-pesada promedio de una superficie interior, que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{LR promedio} = \frac{\text{Área de muro x Reflectancia de muro}}{\text{Superficie total de muro}} + \frac{\text{Área de piso x Reflectancia de piso}}{\text{Superficie total de piso}} + \dots \text{ etc}$$

6.4.1. Método del Flujo Dividido

Es uno de los métodos más utilizados en el cálculo del Factor de Luz Diurna. En éste método de cálculo, se asume que no hay incidencia solar directa hacia el interior de un espacio.

Para determinar la luz existente dentro del edificio, se toman en cuenta tres componentes que, ya sea por acción directa o reflejada, tienen incidencia en la cantidad de luz que llega a un punto determinado de cálculo:

- 1) Componente de cielo (CC): Iluminación directa proveniente de la bóveda celeste.
- 2) Componente externamente reflejado (CER): Luz reflejada por el entorno exterior.
- 3) Componente internamente reflejado (CIR): Luz reflejada por el entorno interior.

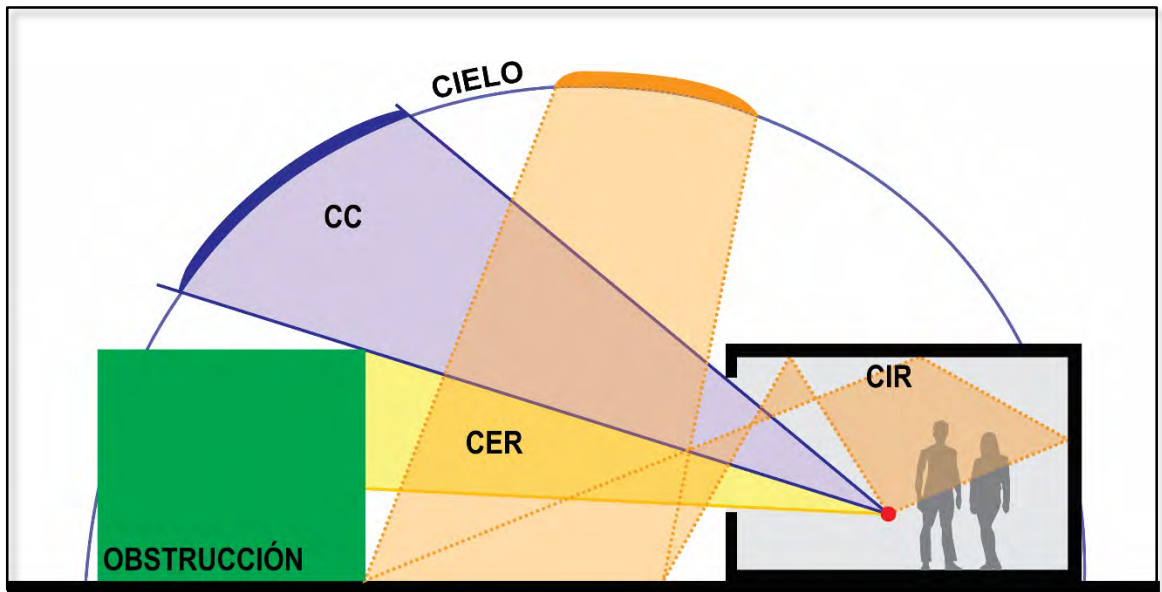


Figura 31. Componentes que intervienen en el método de flujo dividido. (Véliz, 2006)

En éste método, el Factor de Luz Diurna, se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{FD} = \text{CC} + \text{CER} + \text{CIR}$$

6.4.2. Fórmula estándar utilizada para los cálculos realizados en la presente investigación.

Existe una fórmula más simplificada que permite sacar un FD aproximado de una manera mucho más rápida y sencilla, que es la siguiente:

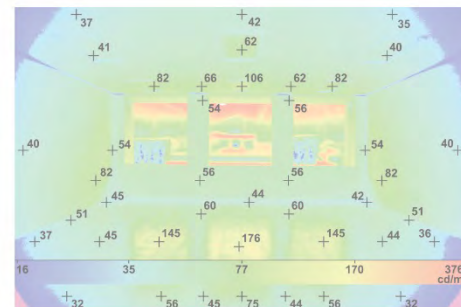
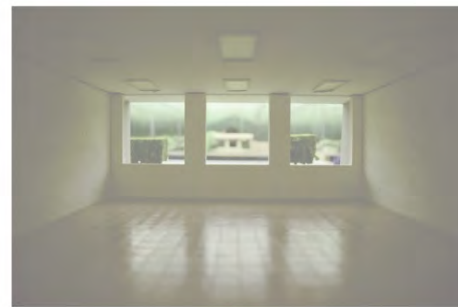
$$\text{Factor de luz de día} = \frac{\text{Iluminancia interior}}{\text{Iluminancia exterior}}$$

Para los fines de la presente investigación, y con el fin de realizar los cálculos correspondientes al FD, utilizaremos ésta última fórmula, ya que para las estimaciones de ahorro energético es más útil la 1ª fórmula, y conlleva a tomar en cuenta el tipo de

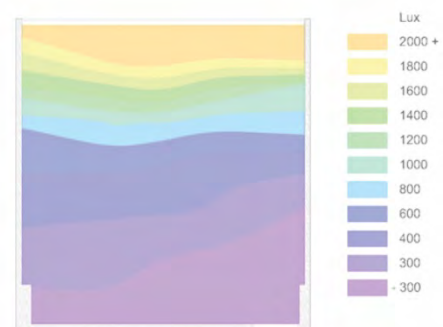
materiales y acabados utilizados en los muros y cielo raso interiores, los requerimientos de detalle visual según la tarea, etc. Y como el fin de este estudio es el de obtener la calidad de iluminación más adecuada, no será necesario tomar en cuenta las características antes mencionadas.

CAPÍTULO 7:

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



5	4	3	2	1
10	9	8	7	6
15	14	13	12	11
20	19	18	17	16
25	24	23	22	21
30	29	28	27	26
35	34	33	32	31
40	39	38	37	36



CAPÍTULO 7: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

“El modo en que se conforma un espacio implica en gran medida la conciencia de las posibilidades de la luz. Los medios que conforman un espacio implican ya que la luz penetra en él, y la elección misma de la estructura es al mismo tiempo, la elección del tipo de luz que se desea”

Louis Kahn (Architectural Design, 1961)

Para lograr los objetivos antes mencionados, se hará uso de diferentes herramientas. El caso de estudio se planea llevarse a cabo dentro de las mismas aulas de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, ya que cuenta precisamente con las construcciones que poseen las características ideales para la realización de nuestro estudio. También cuenta con las instalaciones y equipo necesarios para llevar a cabo las pruebas que confirmen nuestra hipótesis, tales como:

- 1) Laboratorio de cielo artificial
- 2) Área de trabajo para la elaboración de maquetas
- 3) Aulas del edificio F planta baja y segundo nivel
- 4) Luxómetros

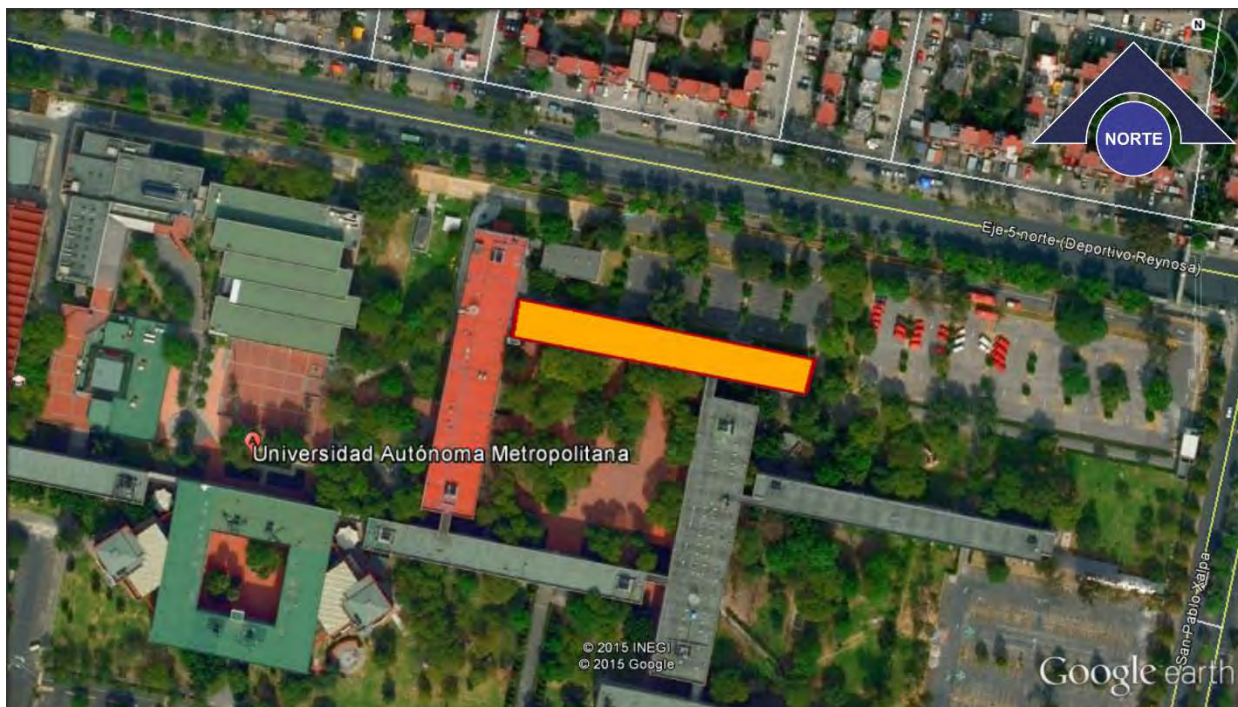
Los parámetros que se consideran para la realización de éstas pruebas son las que la misma universidad dicte. Es decir: las dimensiones, texturas, colores, alturas, y demás características físicas de los espacios a analizar serán las existentes dentro del campus.

7.1. CASO DE ESTUDIO

Como ya ha sido antes mencionado, se tomará como caso de estudio aulas en el edificio “F” dentro de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco ya que se concluyó que son las que cumplen con las características que se requieren para la realización de nuestro experimento, y que se mencionan a continuación:

- 1) Aulas con incidencia de luz natural fachadas Norte: es la orientación que más se recomienda en nuestra latitud, ya que muy difícilmente tendremos incidencia de luz natural directa hacia el interior de los espacios. Cabe recordar que para obtener el factor de luz de día (FD), se recomienda que las lecturas de iluminancia sean tomadas sin incidencia de luz directa, por lo que al tener esta orientación, se garantiza una situación favorable.
- 2) Aulas alineadas verticalmente en el mismo edificio: es decir, una de las aulas debe estar ubicada sobre la otra en dos o tres niveles. Esto para garantizar que las condiciones del entorno sean exactamente iguales, variando sólo la reflectancia de los materiales exteriores con influencia al interior de las aulas.
- 3) Tener las mismas características de dimensiones, así como materiales y acabados en el interior de las aulas, consideradas como casos de estudio: esta condición, igual que la anterior, sirve para garantizar que las condiciones interiores son las mismas y que la influencia de las reflexiones producidas por los elementos exteriores y cómo influyen en la iluminación de las aulas.
- 4) Factibilidad para que todas las mediciones sean realizadas a una altura de 75 cm sobre el nivel de piso terminado (altura del plano de trabajo): ya que es la altura en el que el observador realiza su actividad dentro de las aulas, y los entornos en iluminancias verticales.

7.1.1 Ubicación



Av. San Pablo 180, Azcapotzalco, C.P. 02200, México D.F.



Edificio "F", Fachada Sur

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Unidad Azcapotzalco

Edificio "F"

Aulas 004, y 205

Coordenadas Geográficas

Latitud: 19°30'99"

Longitud: 99°11'08"

Altitud: 2255 m



Figura 32. Ubicación de la UAM Azcapotzalco con sus datos geográficos (Google Earth, 2015), y de las aulas "F004" y "F205", en la fachada principal del edificio "F".

Una vez determinadas las aulas a analizar, se procedió a realizar un levantamiento de las mismas, con el fin de conocer y familiarizarse con sus principales características físicas, tales como longitud, anchura, altura de piso a cielo, dimensiones de vanos (puertas y ventanas), alturas de antepecho, etc.

Las propiedades de los acabados principales dentro del espacio tales como color, textura, opacidad, etc., juegan un rol preponderante en el análisis lumínico de los espacios, ya que ellos pueden modificar de manera categórica la calidad en la iluminación interior. Es por ello que el análisis de dichos acabados cobra vital importancia, cuyo estudio es un tema medular a tratar en un apartado posterior de la presente investigación.

Otro aspecto importante fue conocer el entorno inmediato tanto en la parte norte como la parte sur de ambas aulas, elaborando un plano arquitectónico con las características de las mismas y los elementos que tienen un papel preponderante en la determinación tanto de la calidad como la cantidad de iluminación natural que ingresa a los espacios objeto del presente estudio.

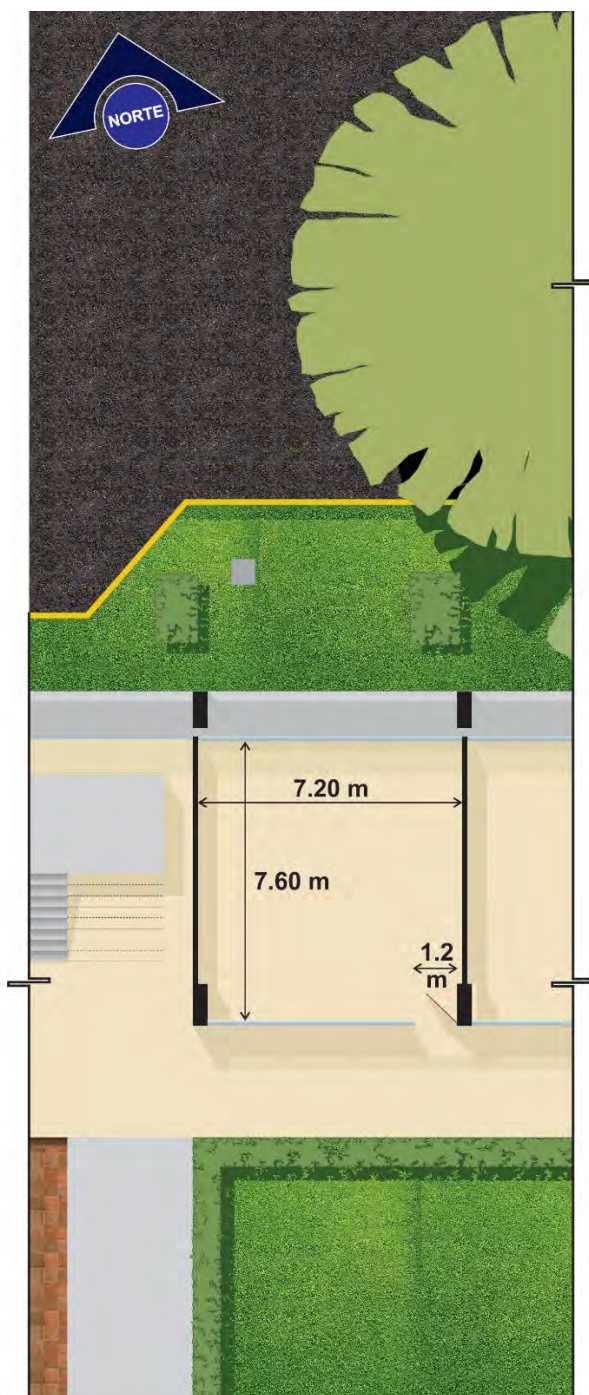


Figura 33. Características del aula F004 en planta, considerando su entorno inmediato.

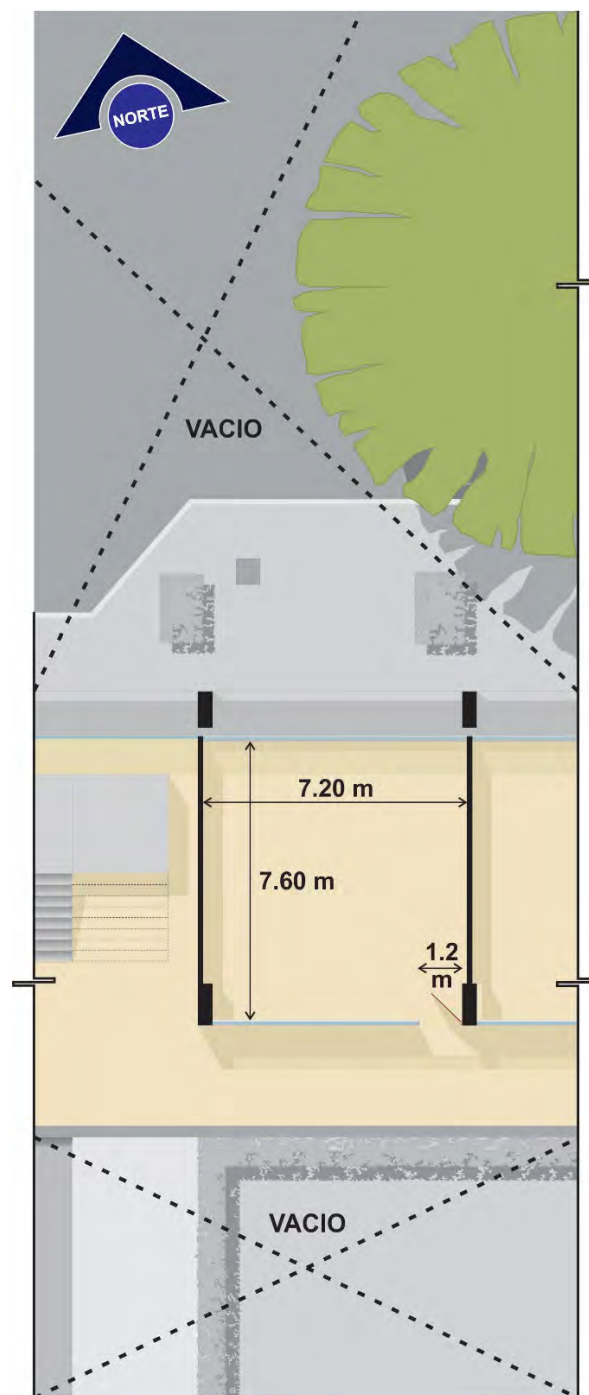


Figura 34. Características del aula F205 en planta, considerando su entorno inmediato.

Nota: las líneas punteadas en forma de "X" y la leyenda "vacío", representan que el aula se encuentra en un nivel diferente al de planta baja, por lo que no hay ningún elemento exterior a ese mismo nivel, salvo el árbol que tiene abarca toda la altura del edificio.

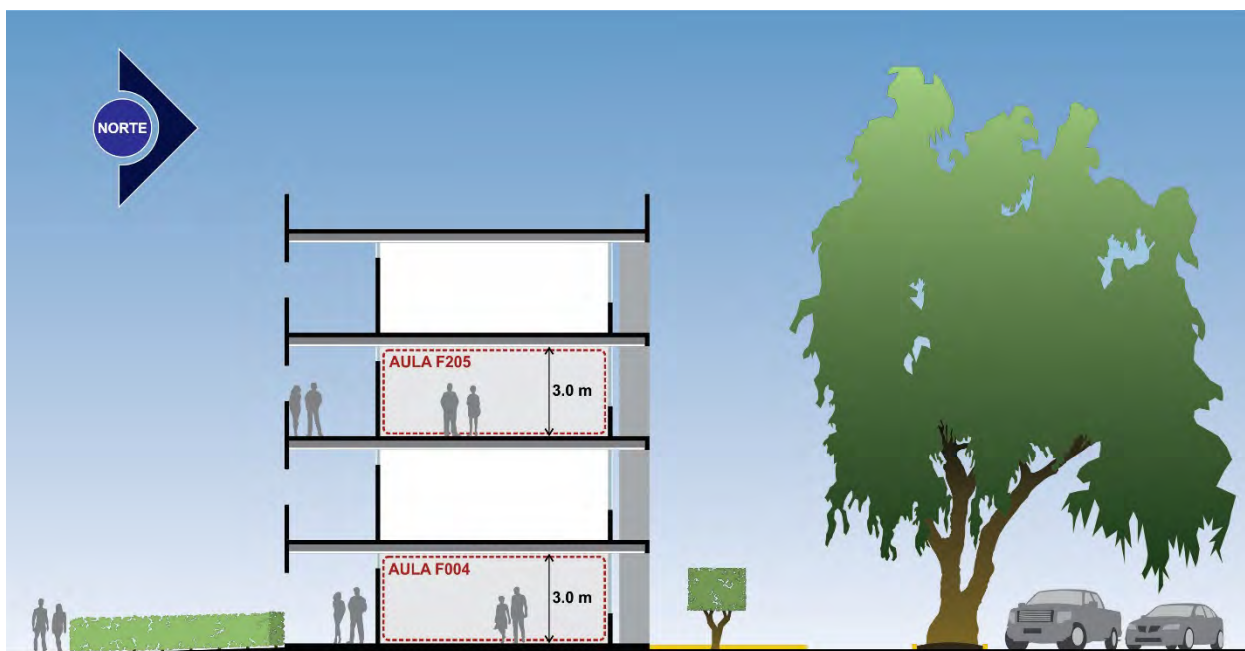


Figura 35. Detalle de las aulas F004 y F205 en corte, considerando su entorno inmediato

7.2. MEDICION

7.2.1. Descripción del equipo de medición

El equipo utilizado para realizar las mediciones serán luxómetros marca EXTECH HD450, auxiliados también por los equipos disponibles como parte del equipo de medición de la Universidad. Este equipo tiene la capacidad de medir iluminancia en Lux, y Bujías pie (Fc). Es un registrador de datos que puede guardar hasta 16,000 lecturas en el medidor para descargar en el ordenador, o guardar y ver 99 lecturas directamente en la pantalla del mismo.

Especificaciones generales:

Las especificaciones técnico-lumínicas del equipo antes mencionado se especifican en la siguiente tabla:

Unidades	Escala	Resolución	Precisión
Lux	400	0.1	$\pm (5\% \text{lectura} + 10 \text{ dígitos})$
	4000	1	
	40 k	0.01 k	$\pm (10\% \text{lectura} + 10 \text{ dígitos})$
	400 k	0.1 k	
Candelas por m2	40	0.01	$\pm (5\% \text{lectura} + 10 \text{ dígitos})$
	400	0.1	
	4000	1	$\pm (10\% \text{lectura} + 10 \text{ dígitos})$
	40 k	0.01 k	

Tabla 9. Detalles técnico-lumínicos de los luxómetros EXTECH HD450, que se utilizaron como equipo de medición. (EXTECH, 2013)

Calibración: Sensor calibrado con lámpara incandescente estándar (temperatura de color: 2856 K)

Respuesta al espectro: CIE fotópica (CIE curva de respuesta del ojo humano)

Precisión del espectro: $V\lambda$ función ($f_1 \leq 6\%$)

Repetibilidad de la medida: $\pm 3\%$

Foto detector: Foto diodo de silicio con filtro de respuesta del espectro.

Condiciones de operación: Temperatura: 0-40 °C (32 a 104 °F), Humedad: <80%



Figura 36: Imagen del equipo de medición (EXTECH, 2013)

7.2.2. Condiciones de medición

Se realizarán mediciones simultáneas tanto en el interior como en el exterior, en ambas aulas. Las mediciones interiores se harán en 40 diferentes puntos a la altura del plano de trabajo, como se muestra en el siguiente esquema:

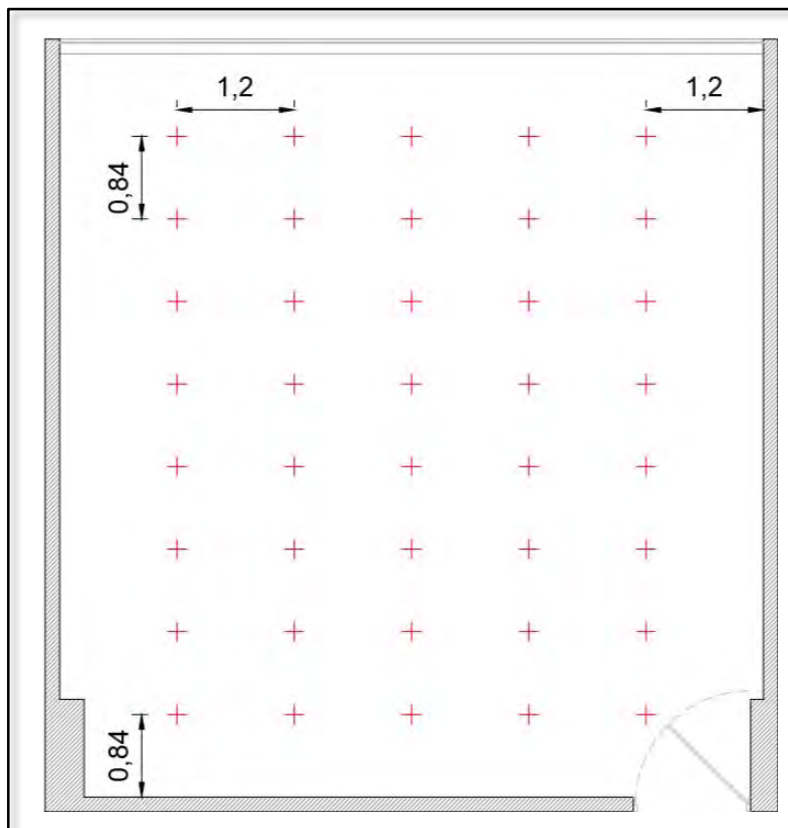


Figura 37. Ubicación de los puntos de medición dentro del espacio

Por cada medición interior, se tendrá una lectura exterior para obtener con la mayor precisión posible el factor de luz de día, parámetro con el cual, se normalizaron todas las mediciones:

$$\text{FACTOR DE LUZ DE DÍA (\%)} = \frac{\text{Iluminancia interior}}{\text{Iluminancia exterior}}$$

7.2.3 Medición de luminancias

Para cada vano de muro, y con el fin de obtener las luminancias de los elementos interiores (muros, cielo y piso), se utilizó un Software llamado PhotoLux. Este software es utilizado por importantes empresas y universidades, tales como Velux, 3M, La Universidad Metropolitana de Londres, La Universidad de Helsinki y los Laboratorios Berkeley, entre otros. Dicho software utiliza una cámara fotográfica con una lente de 50 mm, tomando 3 fotografías a diferente velocidad de opturación. PhotoLux traslapa las tres fotografías para obtener lecturas más confiables. A continuación se detallan las características de las tomas:

NO. DE TOMA	LENTE	VELOCIDAD DE OPTURACIÓN	ISO	APERTURA f
1	50 MM	1/30 s	200	4
2	50 MM	1/60 s	200	4
3	50 MM	1/125 s	200	4

Tabla 10. Detalles de las tomas fotográficas, para determinar la luminancia interior.

7.2.4. Descripción del equipo fotográfico

El equipo utilizado para la captura de imágenes fue una cámara digital Nikon D600, con lentes Nikon AF NIKKOR 50mm f/1.8 D, con una resolución de 24.7 millones de Megapíxeles, y una distorsión del 0.1%, lo que brinda una imagen muy cercana a la realidad.



Figura 38. Equipo fotográfico para captura de imágenes (NIKON, 2016)

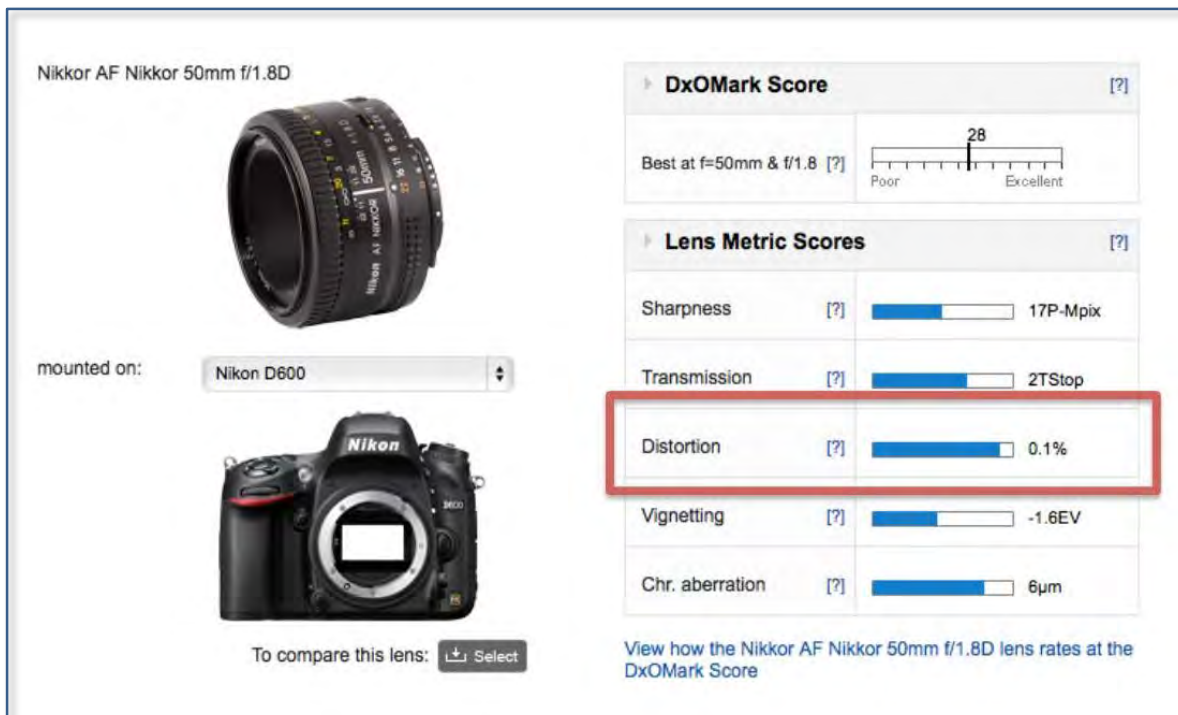


Figura 39. Datos Métricos de los lentes, obsérvese el porcentaje de distorsión (NIKON, 2016)

7.3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA MAQUETA

7.3.1. Diseño y construcción de la maqueta

Antes de mencionar las características del modelo a escala que se utilizó para el análisis lumínico de los objetos de estudio, cabe mencionar que la elección de éste tipo de metodología se hizo por diferentes razones. De hecho algunos escritos especializados en iluminación natural, apoyan el uso de maquetas para un análisis sencillo y fidedigno de las condiciones lumínicas de un espacio arquitectónico.

Destacan las recomendaciones hechas en “Tips for Daylighting” (O’ Connor, et. al., 1997), donde menciona que una de las principales razones para el uso del modelo a escala es que se trata de un método sencillo, rápido y que es una herramienta económica para determinar los niveles de iluminación aproximados en un espacio y es útil en todas las etapas del diseño.

Los modelos a escala son útiles para la toma de decisiones y para identificar problemas constructivos con anterioridad. Para lograr el análisis más certero posible, se hacen las siguientes recomendaciones:

- 1) Asegurarse de que los materiales y las juntas estén opacas. Para ello, se recomienda cubrir dichas juntas con cinta negra, pintar o cubrir las superficies exteriores si no son completamente opacas.
- 2) El acristalamiento puede dejarse a un lado si no se cuenta con una muestra del acristalamiento real. Si se pretende usar materiales difusos, se recomienda utilizar plástico traslúcido uniforme para aparentar el acristalamiento.
- 3) Si es posible, se recomienda construir de manera modular para permitir variaciones sencillas.
- 4) Hacer una perforación lo suficientemente grande para permitir la toma de fotografías. Para ello, es recomendable saber con anterioridad el tipo de equipo a utilizar, para que dicha perforación tenga el mismo diámetro que la lente.
- 5) En caso de que no se cuente con un laboratorio de cielo artificial, se recomienda hacer el análisis en un espacio exterior que cumpla con la misma exposición de cielo y las obstrucciones sean similares en cuanto a posición y orientación. Se recomienda observar el interior por durante varios minutos mientras el ojo se adapta a un nivel de iluminación interior más bajo.
- 6) Se recomienda usar un equipo fotográfico con lentes de amplio rango, ya que los resultados son altamente realistas y útiles para un análisis posterior. Se recomienda el uso de película en blanco y negro, si los colores del modelo no son los mismos que los finales.

- 7) Es posible utilizar equipo fotométrico para medir la iluminación y calcular el factor de luz diurna.
- 8) Si no se incluye el acristalamiento en el modelo, se debe multiplicar las lecturas por la transmitancia visible del acristalamiento real propuesto.

(O' Connor, et. al., 1997)

Una vez determinadas las características físicas y lumínicas de las aulas, se procedió a elaborar un modelo a escala, basados en los espacios analizados, con el fin de poder tener un objeto de estudio más práctico, que nos permitiera prescindir de los espacios físicos reales. Dicha maqueta se elaboró con una doble capa de cartón gris, y una estructura interna de madera balsa, que nos brindó una mayor estabilidad. También se elaboraron diferentes muros norte, cada uno con una proporción de vano diferente y con tres patrones de vano generales:

- 1) Patrón tipo "A": vano horizontal de lado a lado, siendo la altura del mismo modificada por cada proporción del centro hacia afuera.
- 2) Patrón tipo "B": vano horizontal de lado a lado, siendo la altura del mismo modificada por cada proporción de arriba hacia abajo.
- 3) Patrón tipo "C": tres vanos verticales distribuidos de manera equidistante en sentido horizontal del muro, y respetando el antepecho existente. La proporción de cada muro es modificada por la anchura de dichos vanos.

Las proporciones en cada caso varían desde el 10% al 80%, a excepción del patrón tipo "C", cuya proporción máxima es del 60%, debido a que, como ya se había mencionado con anterioridad, se respetó el antepecho existente.

7.3.2. Reflectancia de los materiales

Reflectancia de los materiales del modelo a escala, y su equivalencia en comparación con los materiales reales: una vez obtenidos los niveles de reflectancia de los materiales reales, se buscó equipararlos con los materiales utilizados en la maqueta, para dar una mayor validez al estudio realizado en el laboratorio de cielo artificial.

Para lograr un mejor resultado, se tomaron muestras de cada una de las texturas empleadas en el modelo, y se tomaron lecturas de luz incidente y luz reflejada, para determinar dicha reflectancia.

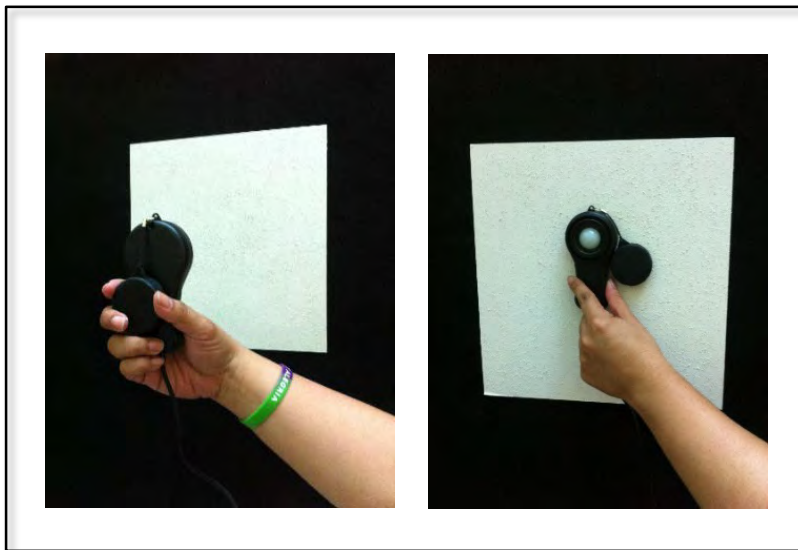


Figura 40. Evaluación de las reflectancias para determinar las propiedades físicas a utilizar en el modelo a escala.

Entorno inmediato: Adicional al estudio de materiales, se tomó en cuenta el entorno inmediato para reproducir de la manera más fidedigna posible, las condiciones y los factores que influyen en la luz natural incidente al interior del aula.



Figura 41. Elaboración de la maqueta con diferentes proporciones de vano.

7.3.3 Calibración de la maqueta

Para calibrar adecuadamente la maqueta, ésta fue introducida en el laboratorio de cielo artificial de la UAM Azcapotzalco. Se tomó la lectura de los mismos 40 puntos de medición hechos en el espacio físico real, así como la iluminancia horizontal general, con y sin entorno inmediato según fuera el caso (con entorno inmediato = aula en planta baja, sin entorno inmediato = aula en segundo nivel).



Figura 42. Laboratorio de cielo artificial, UAM Azcapotzalco



Figura 43. Maqueta evaluada en el laboratorio de cielo artificial de la UAM Azcapotzalco.

Una vez obtenidos los datos, se procedió a realizar un análisis de los mismos para obtener los factores de día correspondientes, y de esa manera, normalizar todos los valores de manera de hacer la comparación correspondiente entre el aula real, y el modelo a escala del mismo.



AULA: F004

Ubicación: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Edificio "F"

Fecha de Medición: 2 de Junio de 2014

Duración de la medición: 7 min

Puntos de medición: 40

LECTURAS AULA REAL						LECTURAS MAQUETA					
No. LECTUR A	HORA DE LECTURA	TIEMPO DE MUESTREO	ILUMINANCIA INTERIOR (Lx)	ILUMINANCIA HORIZONTAL EXTERIOR (Lx)	FACTOR DE DÍA (%)	No. LECTURA	ILUMINANCIA INTERIOR (Lx)	TRANSMITANCIA DEL CRISTAL	ILUMINANCIA INTERIOR CORREGIDA (Lx)	ILUMINANCIA HORIZONTAL EXTERIOR (Lx)	FACTOR DE DÍA (%)
1	15:00:38	0	2021	6640	30.44	1	1701	65%	1105.65	4690	23.57
2	15:00:55	17	2021	6940	29.12	2	2129	65%	1383.85	4690	29.51
3	15:01:07	12	2132	6940	30.72	3	2191	65%	1424.15	4690	30.37
4	15:01:18	11	2106	7580	27.78	4	2120	65%	1378	4690	29.38
5	15:01:32	14	1889	6090	31.02	5	1886	65%	1225.9	4690	26.14
6	15:01:46	14	1213	7020	17.28	6	1251	65%	813.15	4690	17.34
7	15:01:56	10	1352	7010	19.29	7	1283	65%	833.95	4690	17.78
8	15:02:07	11	1565	7030	22.26	8	1348	65%	876.2	4690	18.68
9	15:02:18	11	1501	7070	21.23	9	1306	65%	848.9	4690	18.10
10	15:02:28	10	1413	7100	19.90	10	1236	65%	803.4	4690	17.13
11	15:02:42	14	879	6980	12.59	11	843	65%	547.95	4690	11.68
12	15:02:51	9	873	7080	12.33	12	905	65%	588.25	4690	12.54
13	15:03:01	10	966	7050	13.70	13	934	65%	607.1	4690	12.94
14	15:03:12	11	1008	7080	14.24	14	916	65%	595.4	4690	12.70
15	15:03:22	10	898	7020	12.79	15	884	65%	574.6	4690	12.25
16	15:03:40	18	542	7000	7.74	16	658	65%	427.7	4690	9.12
17	15:03:51	11	555	7060	7.86	17	714	65%	464.1	4690	9.90
18	15:04:01	10	621	7060	8.80	18	719	65%	467.35	4690	9.96
19	15:04:11	10	683	7030	9.72	19	696	65%	452.4	4690	9.65
20	15:04:22	11	665	7010	9.49	20	637	65%	414.05	4690	8.83
21	15:04:37	15	341	7380	4.62	21	513	65%	333.45	4690	7.11
22	15:04:47	10	429	7020	6.11	22	552	65%	358.8	4690	7.65
23	15:04:57	10	505	7030	7.18	23	573	65%	372.45	4690	7.94
24	15:05:07	10	480	7020	6.84	24	564	65%	366.6	4690	7.82
25	15:05:16	9	514	7030	7.31	25	529	65%	343.85	4690	7.33
26	15:05:32	16	312	6970	4.48	26	444	65%	288.6	4690	6.15
27	15:05:42	10	351	7060	4.97	27	470	65%	305.5	4690	6.51
28	15:05:51	9	353	7010	5.04	28	481	65%	312.65	4690	6.67
29	15:06:01	10	382	7060	5.41	29	476	65%	309.4	4690	6.60
30	15:06:11	10	394	7030	5.60	30	470	65%	305.5	4690	6.51
31	15:06:25	15	242	7060	3.43	31	394	65%	256.1	4690	5.46
32	15:06:35	10	280	7090	3.95	32	411	65%	267.15	4690	5.70
33	15:06:45	10	300	7020	4.27	33	446	65%	289.9	4690	6.18
34	15:06:54	9	343	7100	4.83	34	394	65%	256.1	4690	5.46
35	15:07:03	9	340	7070	4.81	35	411	65%	267.15	4690	5.70
36	15:07:14	11	249	7070	3.52	36	311	65%	202.15	4690	4.31
37	15:07:23	9	250	7050	3.55	37	376	65%	244.4	4690	5.21
38	15:07:30	7	278	7120	3.90	38	394	65%	256.1	4690	5.46
39	15:07:39	9	291	7090	4.10	39	408	65%	265.2	4690	5.65
40	15:07:49	10	298	7090	4.20	40	382	65%	248.3	4690	5.29

Tabla 11. Mediciones del Aula F004, y del modelo a escala que lo representa.



AULA: F205

Ubicación: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Edificio "F"

Fecha de Medición: 2 de Junio de 2014

Duración de la medición: 6 min

Puntos de medición: 40

LECTURAS AULA REAL						LECTURAS MAQUETA					
No. LECTURA	HORA DE LECTURA	TIEMPO DE MUESTREO	ILUMINANCIA INTERIOR (Lx)	ILUMINANCIA HORIZONTAL EXTERIOR (Lx)	FACTOR DE DÍA (%)	No. LECTURA	ILUMINANCIA INTERIOR (Lx)	TRANSMITANCIA DEL CRISTAL	ILUMINANCIA INTERIOR CORREGIDA (Lx)	ILUMINANCIA HORIZONTAL EXTERIOR (Lx)	FACTOR DE DÍA (%)
1	15:15:27	0	492	8390	5.86	1	567	45%	255.15	4690	5.44
2	15:15:38	11	588	8480	6.93	2	649	45%	292.05	4690	6.23
3	15:15:47	9	580	8450	6.86	3	661	45%	297.45	4690	6.34
4	15:15:55	8	491	8200	5.99	4	656	45%	295.2	4690	6.29
5	15:16:03	8	341	8500	4.01	5	580	45%	261	4690	5.57
6	15:16:17	14	364	8710	4.18	6	325	45%	146.25	4690	3.12
7	15:16:24	7	423	8540	4.95	7	389	45%	175.05	4690	3.73
8	15:16:31	7	390	8580	4.55	8	395	45%	177.75	4690	3.79
9	15:16:39	8	345	8710	3.96	9	374	45%	168.3	4690	3.59
10	15:16:49	10	246	8400	2.93	10	333	45%	149.85	4690	3.20
11	15:17:01	12	253	8690	2.91	11	237	45%	106.65	4690	2.27
12	15:17:10	9	288	8400	3.43	12	254	45%	114.3	4690	2.44
13	15:17:17	7	270	8520	3.17	13	253	45%	113.85	4690	2.43
14	15:17:26	9	218	8180	2.67	14	248	45%	111.6	4690	2.38
15	15:17:34	8	159	8050	1.98	15	235	45%	105.75	4690	2.25
16	15:17:47	13	180	8570	2.10	16	178	45%	80.1	4690	1.71
17	15:18:00	13	203	8680	2.34	17	179	45%	80.55	4690	1.72
18	15:18:06	6	190	8490	2.24	18	183	45%	82.35	4690	1.76
19	15:18:13	7	177	8660	2.04	19	180	45%	81	4690	1.73
20	15:18:19	6	141	8580	1.64	20	168	45%	75.6	4690	1.61
21	15:18:32	13	140	8700	1.61	21	134	45%	60.3	4690	1.29
22	15:18:38	6	142	8460	1.68	22	147	45%	66.15	4690	1.41
23	15:18:46	8	151	8390	1.80	23	147	45%	66.15	4690	1.41
24	15:18:55	9	121	7860	1.54	24	146	45%	65.7	4690	1.40
25	15:19:03	8	110	7770	1.42	25	146	45%	65.7	4690	1.40
26	15:19:12	9	102	7230	1.41	26	118.3	45%	53.235	4690	1.14
27	15:19:21	9	103	7340	1.40	27	124.3	45%	55.935	4690	1.19
28	15:19:31	10	97	7030	1.38	28	126.3	45%	56.835	4690	1.21
29	15:19:38	7	91	7190	1.27	29	119.5	45%	53.775	4690	1.15
30	15:19:43	5	77	7110	1.08	30	115	45%	51.75	4690	1.10
31	15:19:57	14	80	7130	1.12	31	109.5	45%	49.275	4690	1.05
32	15:20:04	7	82	7090	1.16	32	112.2	45%	50.49	4690	1.08
33	15:20:11	7	88	7220	1.22	33	114.2	45%	51.39	4690	1.10
34	15:20:17	6	85	7390	1.15	34	110.2	45%	49.59	4690	1.06
35	15:20:25	8	83	7430	1.12	35	107	45%	48.15	4690	1.03
36	15:20:45	20	77	7610	1.01	36	89.2	45%	40.14	4690	0.86
37	15:20:57	12	83	7660	1.08	37	102.4	45%	46.08	4690	0.98
38	15:21:06	9	101	7790	1.30	38	104.8	45%	47.16	4690	1.01
39	15:21:14	8	91	7860	1.16	39	103.7	45%	46.665	4690	0.99
40	15:21:21	7	81	7790	1.04	40	98.5	45%	44.325	4690	0.95

Tabla 12. Mediciones del Aula F205, y del modelo a escala que lo representa.

En general, los resultados se resumen en lo siguiente:

PLANTA BAJA

Maqueta

FD max: 30.37 %

FD min: 4.31 %

FD prom: 11.56%

Aula F 004

FD max: 31.02 %

FD min: 3.43 %

FD prom: 11.41%

Como se puede observar, la diferencia entre el FD promedio es de 0.15%, por lo que la calibración es bastante precisa

PLANTA ALTA

Maqueta

FD max: 6.34 %

FD min: 0.86 %

FD prom: 2.26%

Aula F 205

FD max: 6.93 %

FD min: 1.01 %

FD prom: 2.52%

Como se puede observar, la diferencia entre el FD promedio es de 0.26%, por lo que en éste caso, también la calibración es precisa y conveniente, y por lo tanto se validó la realización del comportamiento lumínico en las maquetas a escala.

Cabe mencionar que el inconveniente principal al analizar una planta que no está a nivel del piso, es su calibración, ya que de por sí es menos precisa debido a que el entorno inmediato es mucho más difícil de simular, aunque la diferencia no fue muy elevada. Hay estudios que indican que éste influye en la iluminación de un espacio interior, hasta en 7 niveles. Si bien las características físicas de dicho entorno circundante recreadas para la planta baja son bastante similares a las reales, las del 2° nivel son más difíciles de reproducir. En un cielo artificial que simula condiciones de cielo predominantemente

nublado, el análisis de iluminación de un edificio de más de 3 niveles presenta características del entorno exterior que pueden ser diferentes al contexto real.

7.4. DETERMINACIÓN DE LA REFLECTANCIA DE LOS MATERIALES

Adicionalmente a las mediciones tomadas en sitio, se hará un modelo a escala del aula tipo, que será evaluado en el laboratorio de cielo artificial de la UAM Azcapotzalco, con el fin de tener un punto de referencia adicional que nos permita dar una mayor validez a los resultados obtenidos. Para dicho modelo, se tomarán en cuenta varios factores tales como:

a) Reflectancia de los materiales interiores: Para poder evaluar de la manera más precisa los diferentes materiales que conforman el interior de ambas aulas, se evaluaron en distintos puntos, en ambas aulas, para obtener porcentajes con mayor validez.

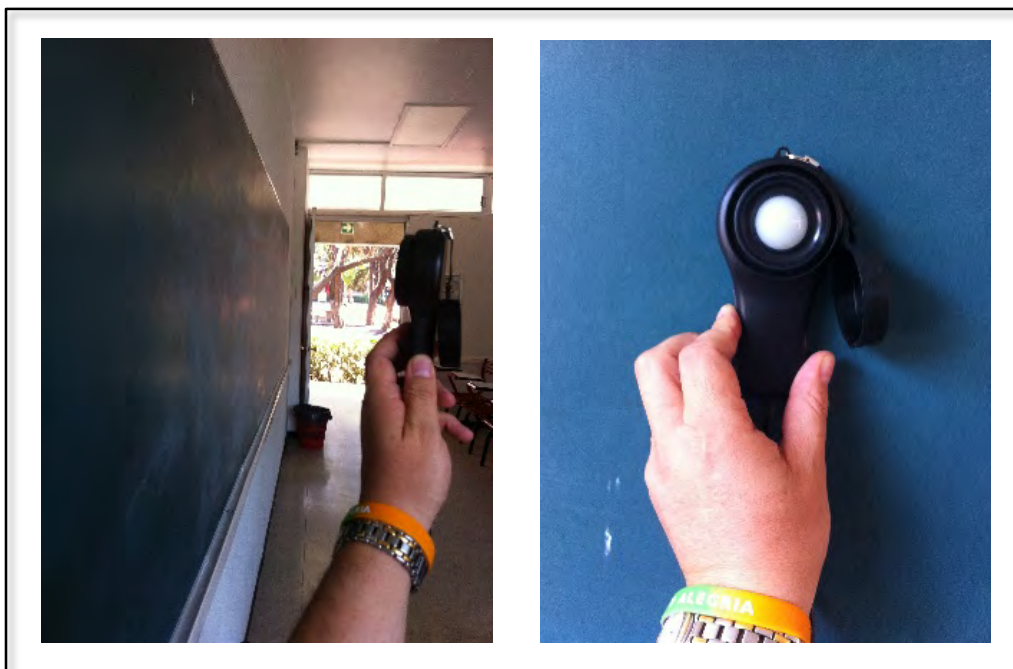


Figura 44. Mediciones para determinar la reflectancia de los materiales interiores.

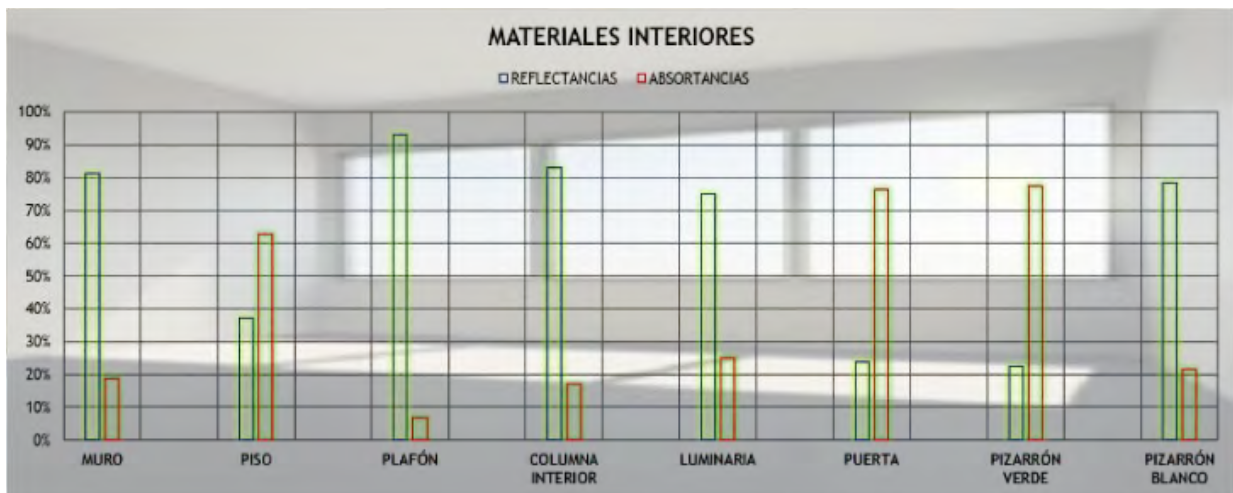


Figura 45. Reflectancia de materiales interiores

b) Reflectancia de los materiales exteriores: De igual manera fueron evaluados los materiales que conforman el entorno inmediato exterior en la fachada norte, y al igual que en el caso de los materiales interiores, se realizó una gráfica para determinar el nivel de reflectancia de cada uno de ellos.

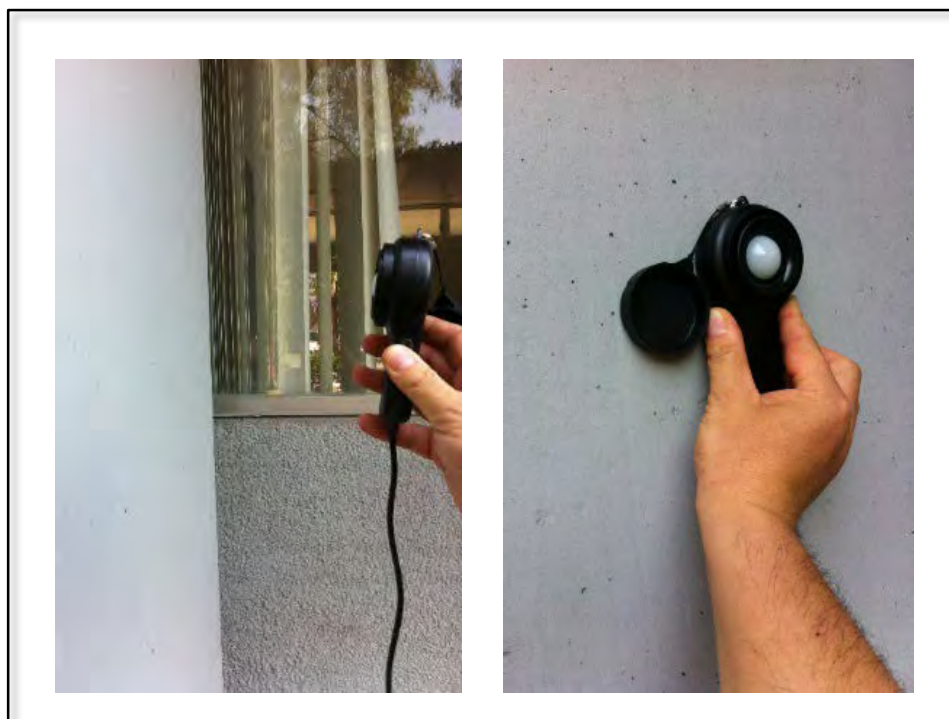


Figura 46. Mediciones para materiales exteriores

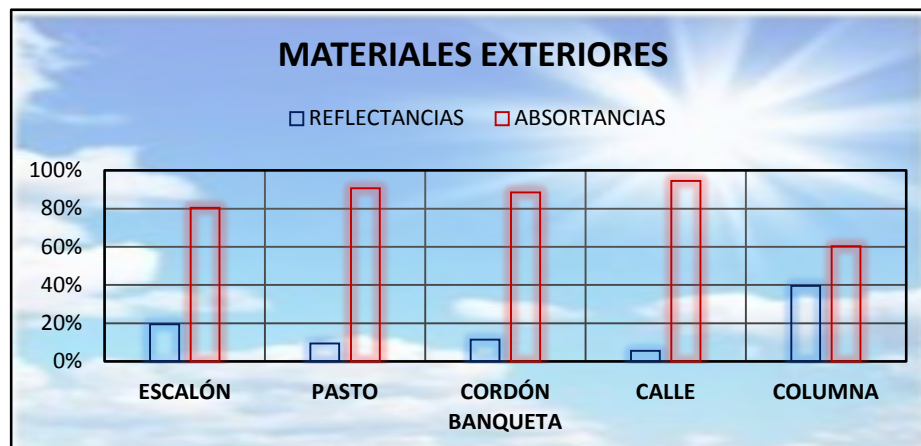


Figura 47. Reflectancia de los materiales exteriores

7.4.3. Transmitancia de los cristales en los casos de estudio

En la fase del Protocolo de Tesis, se propuso también analizar la cantidad de iluminación que realmente ingresa al aula por efecto de las características de los cristales que conforman la ventana, para que fuera también un factor a tomarse en cuenta a la hora de realizar el proceso de experimentación.

Sin embargo, a la hora de verificar las condiciones de las aulas objetos de estudio, se encontraron algunos factores desfavorables: Primero que nada, las ventanas en ambas aulas son fijas, y no hay manera de abrirlas. Además, las ventanas de la planta baja son transparentes, mientras que las del 2° nivel, tienen un entintado.

Cabe mencionar que otro factor importante fue el hecho que las ventanas tienen un doble acristalamiento y, al ser fijas y a causa de la falta de mantenimiento a las mismas, ya se había acumulado una buena cantidad de polvo en la cámara de aire que se encuentra entre ambas hojas de cristal.

Por último, en las ventanas ubicadas en el 2° nivel, se colocó una malla en el recuadro que conforma los elementos salientes del edificio a modo de marco, para evitar la

población de aves. Dicha malla, también fue un factor que afectaba en el ingreso de luz hacia el interior del edificio.

Debido a los inconvenientes antes señalados, se tomó la decisión de no reproducir las condiciones de las ventanas en la maqueta, ya que de cualquier manera, el análisis se hizo tomando como elemento primordial el factor de luz de día, con el cual es posible discriminar ciertas condiciones que no influyen en el análisis de nuestros casos de estudio.

Sin embargo, la transmitancia se tomó en cuenta como factor de corrección a la hora de calibrar la maqueta ya que, si no se tomaba en cuenta el flujo real de luz que ingresaba al interior de las aulas, hubiera sido más complicado encontrar la relación entre el aula real, y el modelo a escala.

7.5. MEDICIONES EN ESPACIOS REALES

Para la realización de las mediciones en espacios reales, se utilizaron dos luxómetros donde se hicieron mediciones simultáneas tanto en el interior como en el exterior del edificio, para relacionar una lectura exterior, con cada lectura interior.

Cabe mencionar, que se tuvo especial cuidado en el acomodo del mobiliario interior en ambas aulas, para que las condiciones de medición fueran las mismas en cada punto. Adicionalmente, con la ayuda del software Photolux, se hizo un renderizado en colores falsos utilizando las mismas imágenes tomadas del espacio y obtener un mapa de luminancias con el fin de determinar datos medibles de los niveles de iluminación de los casos de estudio.

La luminancia, ya definida en el capítulo 3 a nivel experimental, nos muestra las condiciones de distribución de la luz. De ella depende como factor de apreciación desde el punto de vista del observador.

La figura 46 muestra la luminancia percibida por un observador a 1.60 m de altura en un punto determinado en el espacio.

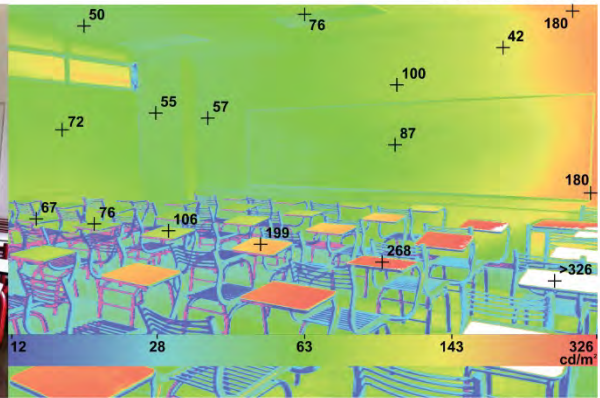
La calidad de la iluminación en cuanto a este factor “L”, se refiere directamente a la posición del sujeto en el espacio, la dirección de su vista, la actividad que realiza, etc. Experimentalmente, con el factor “L” se busca un balance de luminancias: Plano de trabajo, entorno inmediato, entorno lejano, etc. Desde el punto de vista de los observadores.

La iluminancia definida en el capítulo 3 nos muestra experimentalmente la cantidad de luz en correlación con el factor de día (DF). Como los factores de calidad de iluminación natural (FCIN), permiten estudiar la uniformidad.

LUMINANCIAS EN ESPACIOS INTERIORES

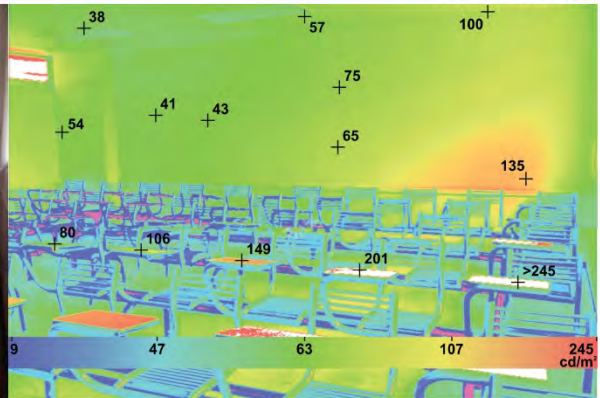
70% de Área Acristalada

Condición de cielo: Nublado



AULA F004

En condiciones de cielo nublado, se observa cómo va disminuyendo la luminancia de los espacios de trabajo a medida que se aleja de la ventana principal. La luminancia nos indica que la mitad del salón de clases tendría una iluminación excesiva que podría provocar un serio deslumbramiento. Esto tomando en cuenta el parámetro internacional de 500 lx.



AULA F205

De igual manera, en el aula 205, la mayoría de los espacios de trabajo tienen una iluminación excesiva que también conlleva problemas de deslumbramiento, aunque las lecturas son menores que en el aula 004.

Figura 48. Esquema comparativo de las condiciones de luminancia real en ambas aulas

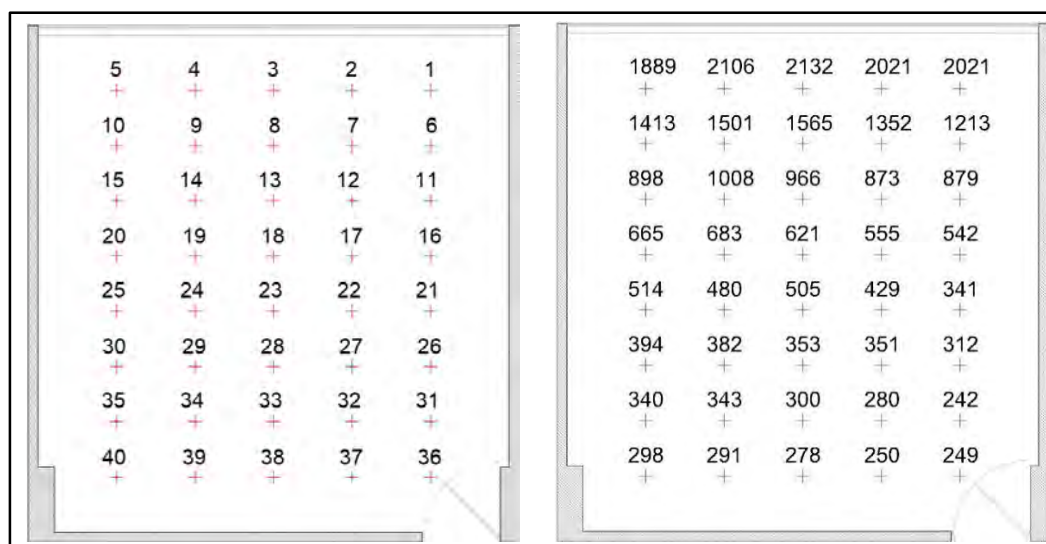


Figura 49. Distribución de puntos de medición en el aula 004 (izquierda) y lecturas (lx) en cada punto

Habiendo realizado las mediciones en el interior del aula F004, se procede a hacer el gradiente de distribución lumínica sacando las isolíneas vistas en planta con una escala cromática que permite hacer una mejor lectura de dicho gradiente.

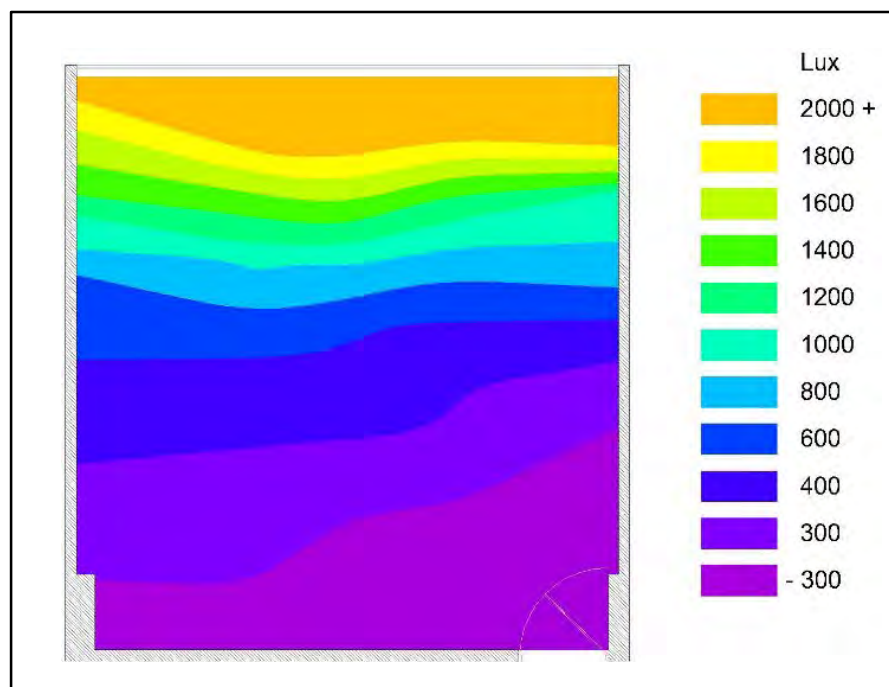


Figura 50. Gradiente de distribución lumínica en aulas F004

Posteriormente, se sacan los factores de día por cada punto de medición, con sus respectivos cortes, reflejando tanto iluminancias (lx), como factores de día (FD) (%).

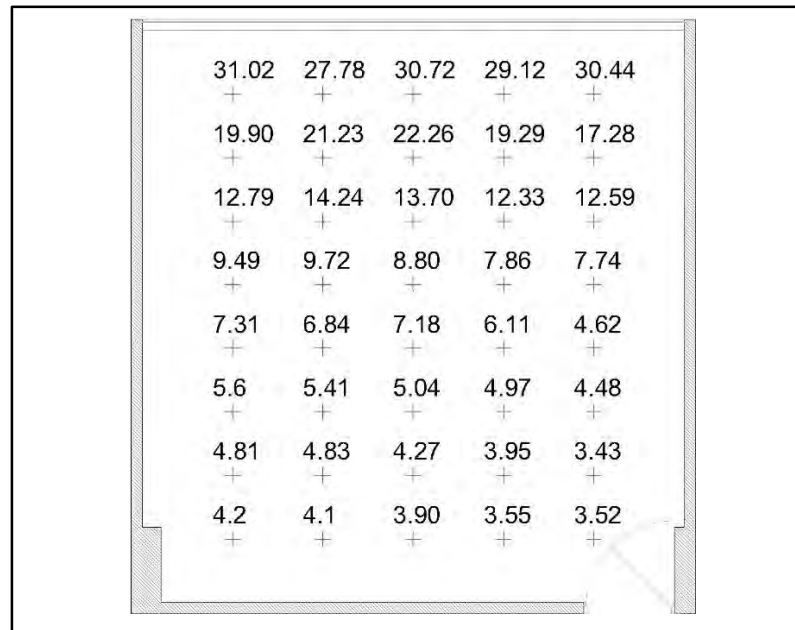


Figura 51. Factores de día (FD) aula F004 por cada punto

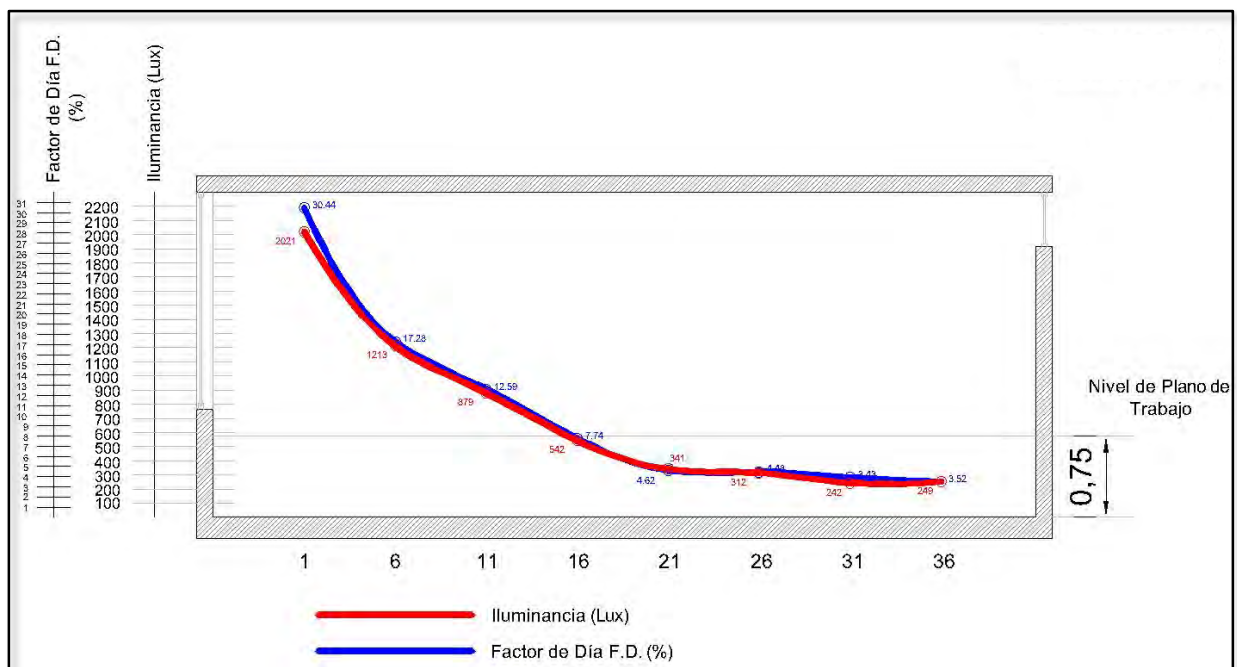


Figura 52. Corte 1 de Factor de día. Aula F004

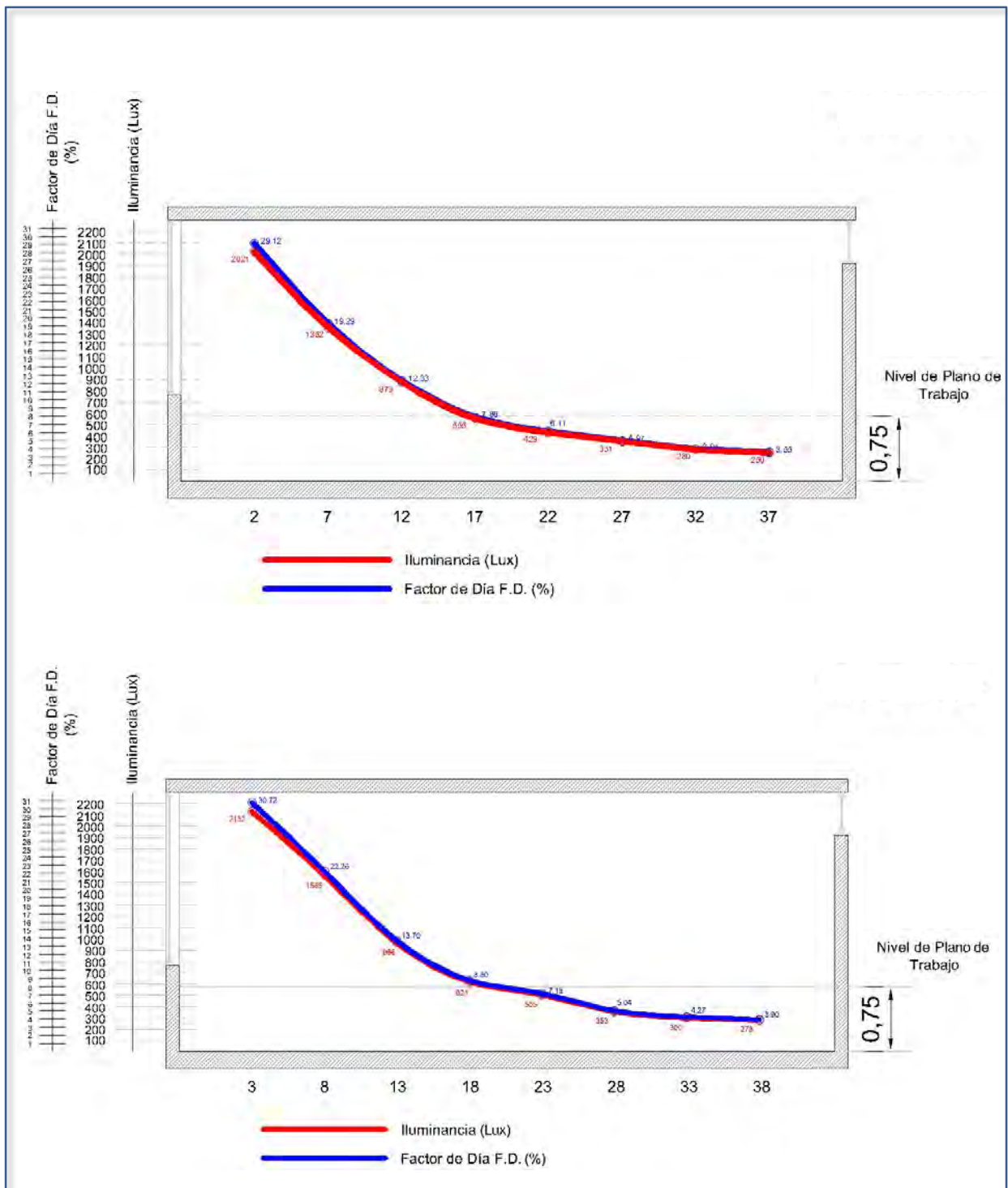


Figura 53. Cortes 2 y 3 de Factor de día. Aula F004

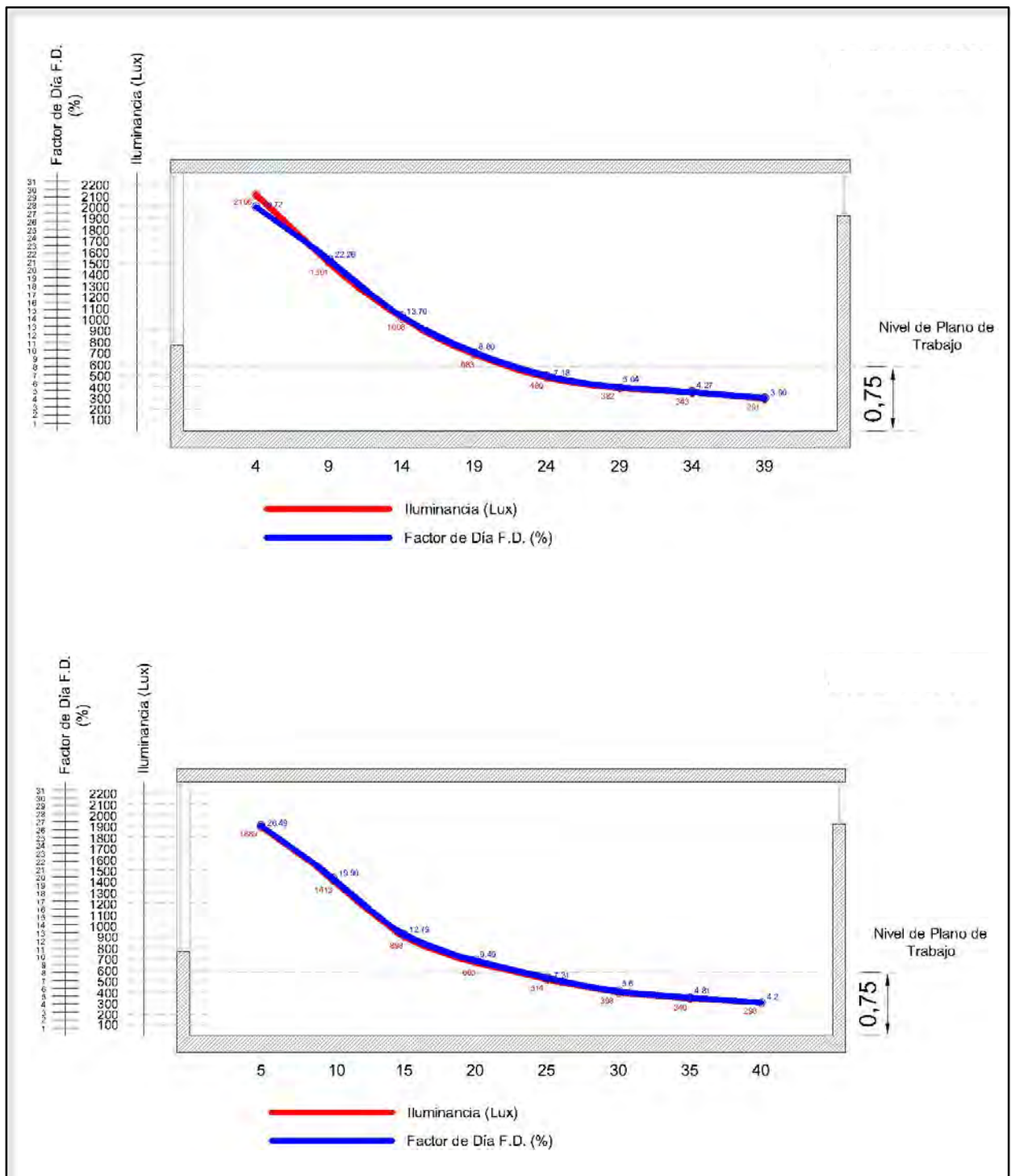


Figura 54. Cortes 4 y 5 de Factor de día. Aula F004

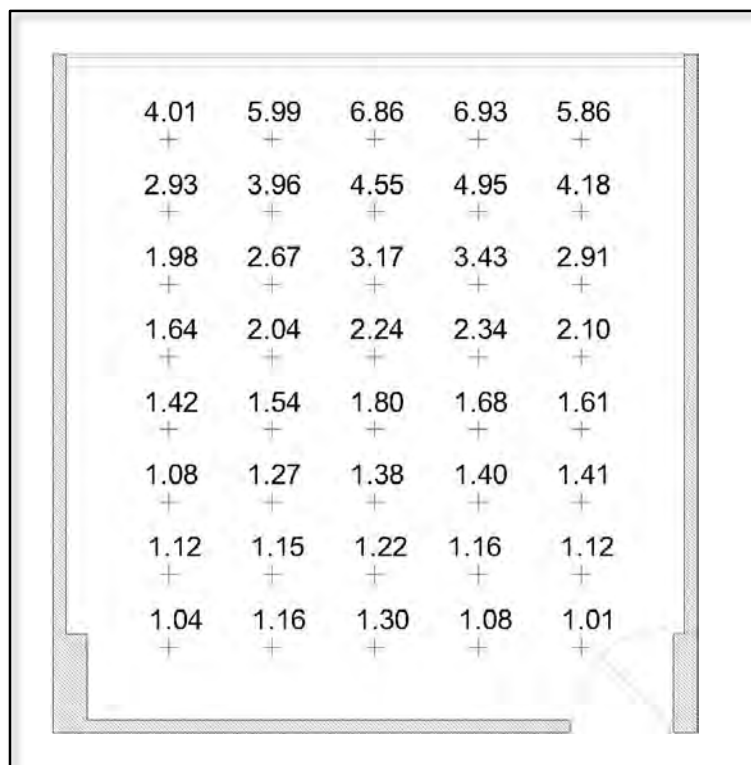


Figura 55. Factores de día del Aula F205, por cada punto de medición

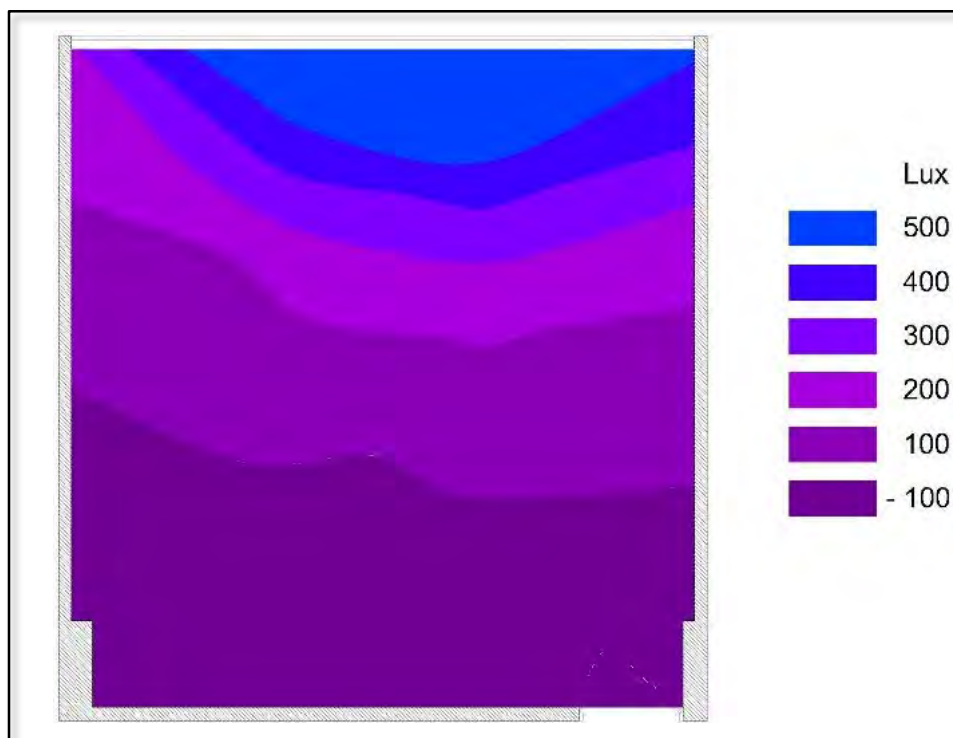


Figura 56. Gradiente de distribución lumínica en aulas 205

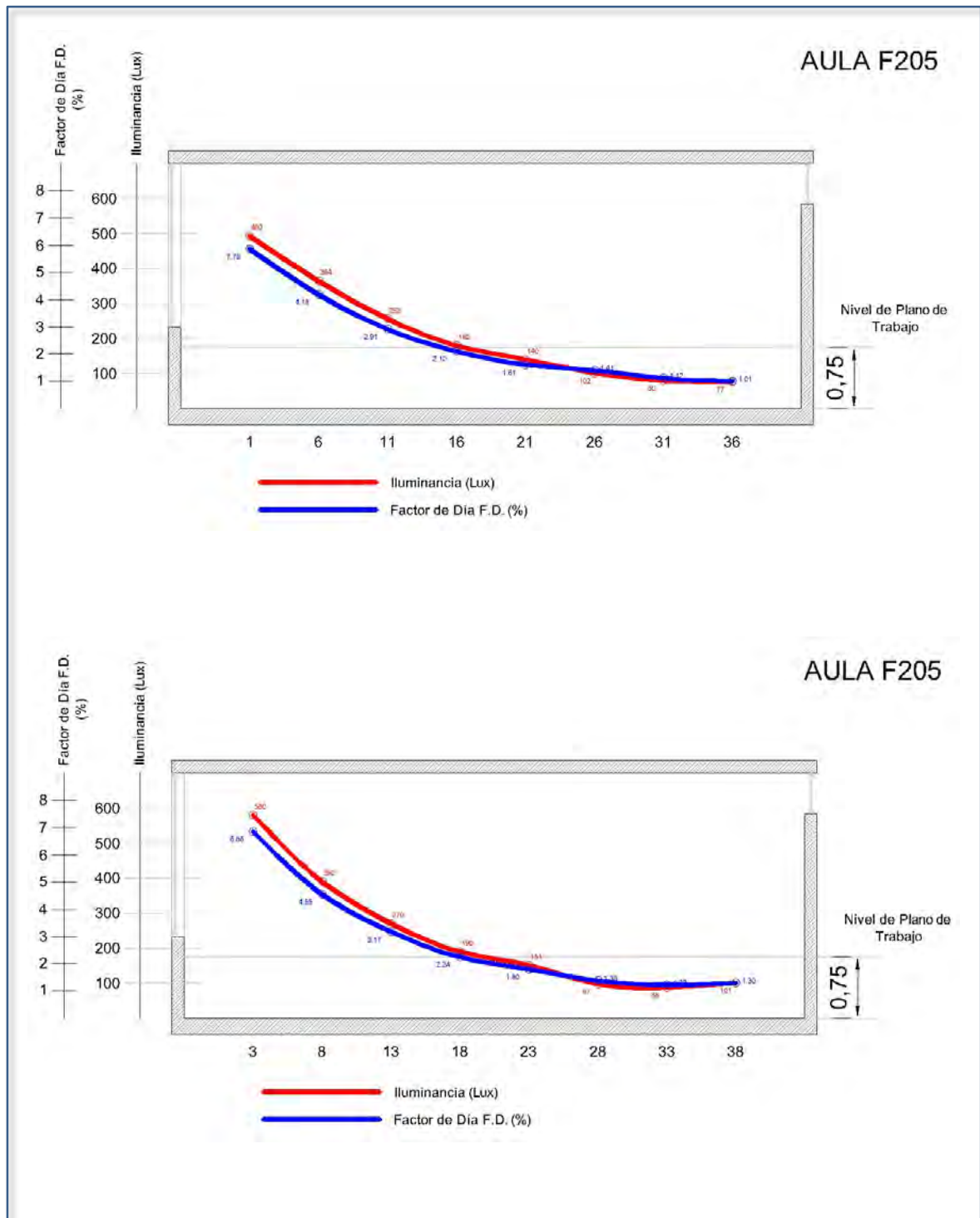


Figura 57. Cortes 1 y 2 del aula F205

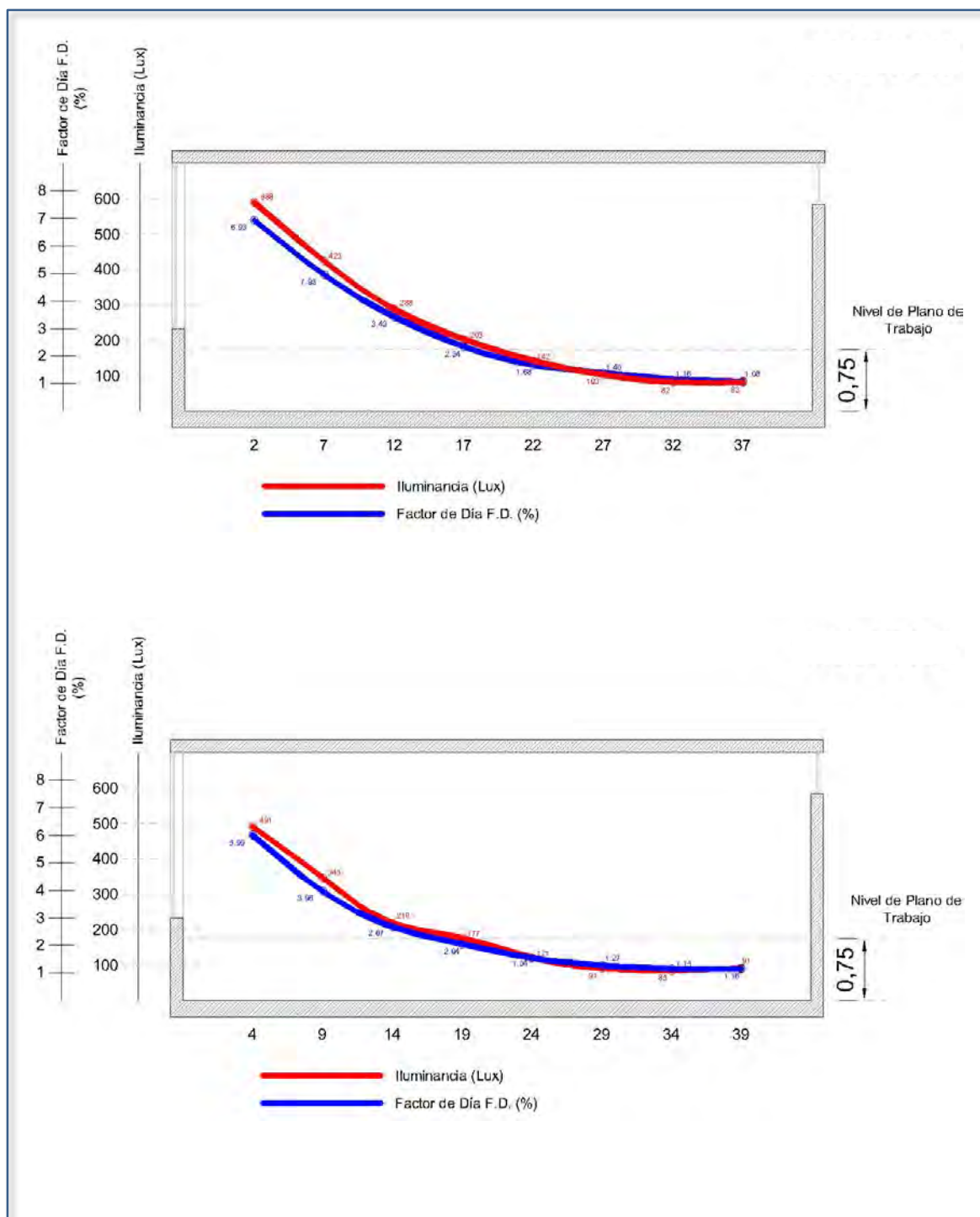


Figura 58. Cortes 3 y 4 del Aula F 205

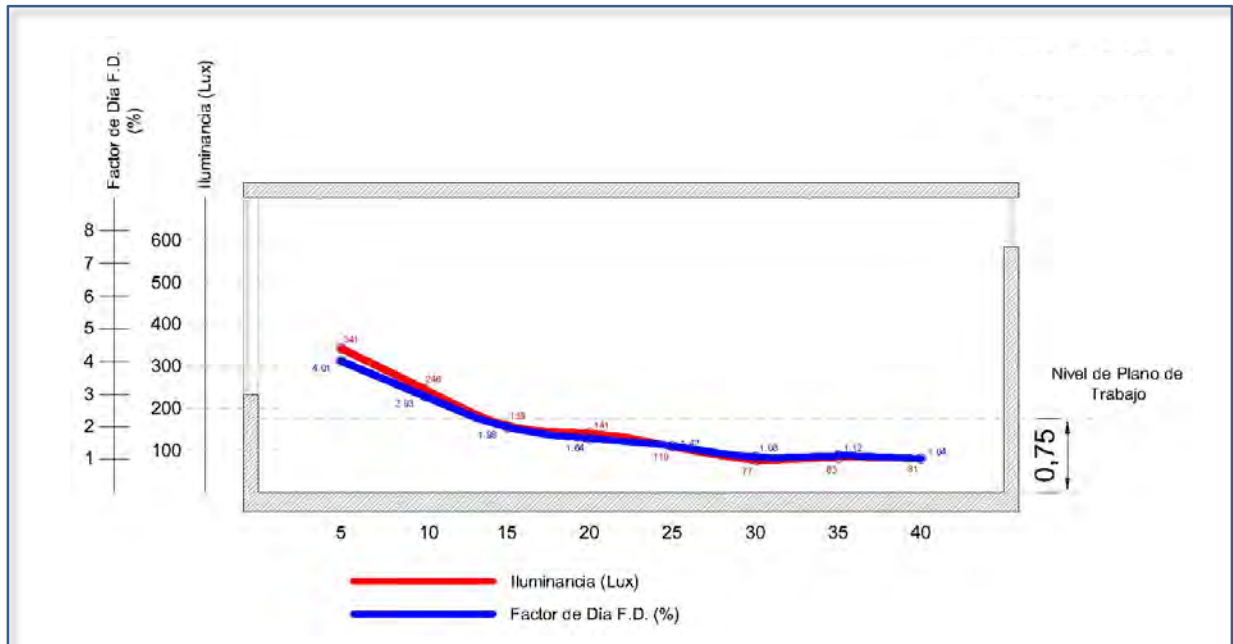


Figura 59. Corte 5 del Aula F205

7.6. EXPERIMENTACIÓN CON PROPIEDADES VANO-MURO

Haciendo uso de la maqueta antes descrita, se procedió a hacer el proceso de experimentación con diferentes tipos de propiedades vano-muro para cada una de las aulas.

Cabe recordar que dicha experimentación se hizo en el laboratorio de luz artificial, y que se hicieron los diferentes porcentajes de abertura tomando en cuenta los patrones descritos en el inciso 7.3.1 del presente escrito.

Con cada porcentaje de abertura de muro se observó, cómo la incidencia de luz hacia el interior del local se veía afectado en proporción y uniformidad debido a los diferentes patrones que se tomaron en cuenta como base para determinar los resultados lumínico-técnicos que cada parámetro arrojaba.

Lo que se muestra a continuación, son los resultados lumínico-técnicos con imágenes reales de la maqueta y su correspondiente gráfica de colores falsos, y la escala numérica en determinadas zonas mostrando la luminancia en candelas por m^2 . Esto nos permite ver diferentes parámetros de calidad de iluminación a simple vista tales como: deslumbramiento, contraste, uniformidad, etc.

También es importante mencionar que para cada patrón y porcentaje de abertura, se hicieron dos mediciones:

- a) La primera medición se hizo tomando en cuenta el entorno inmediato, reproduciendo las condiciones del aula real en planta baja.
- b) La segunda medición se hizo retirando el entorno inmediato, y con un fondo de color gris oscuro sobre la mesa de medición, logrando reproducir las condiciones del aula real en el segundo nivel.

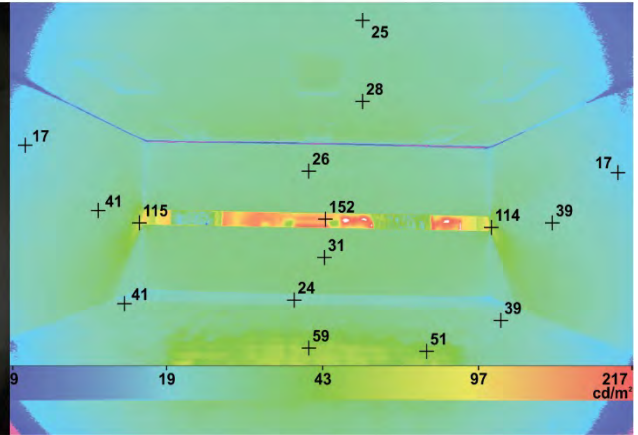
PROPORCIÓN VANO-MURO 10% de Área Acristalada

AULA F004

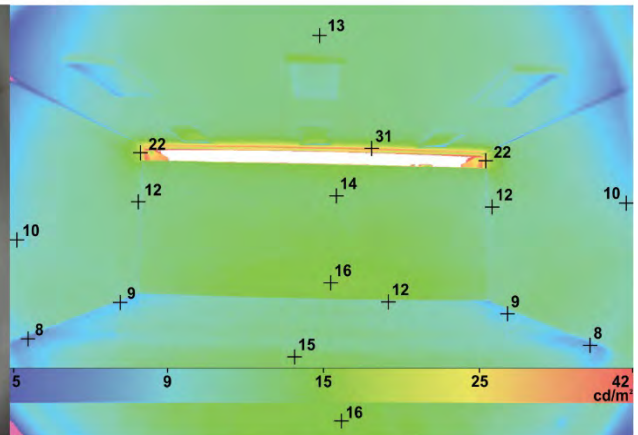
Patrón 1: A partir del centro



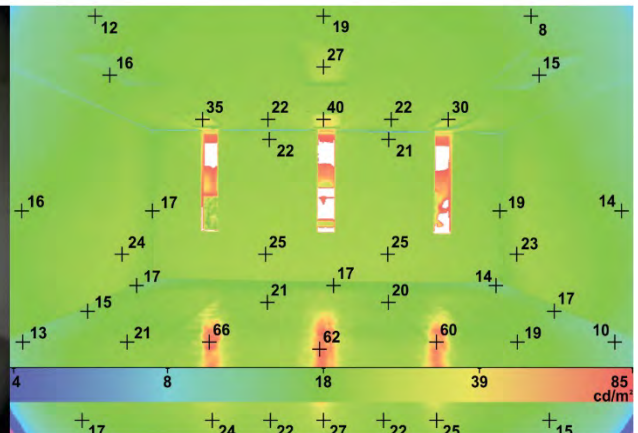
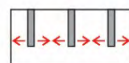
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



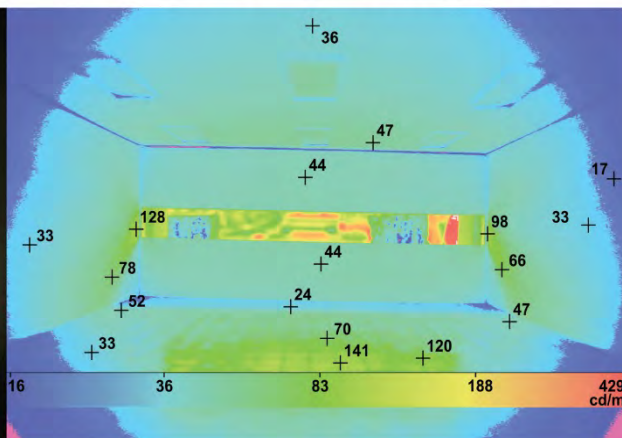
PROPORCIÓN VANO-MURO 20% de Área Acristalada

AULA F004

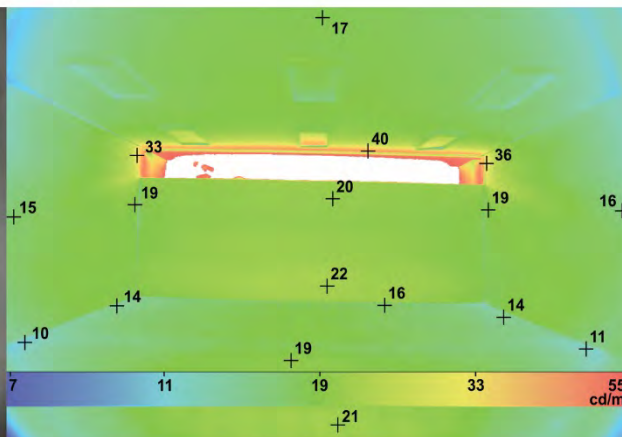
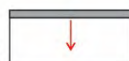
Patrón 1: A partir del centro



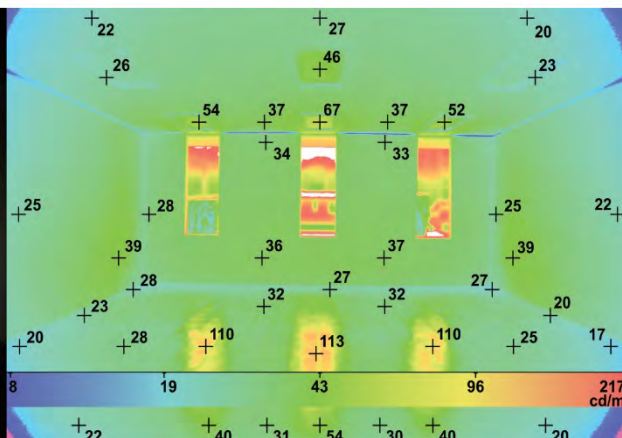
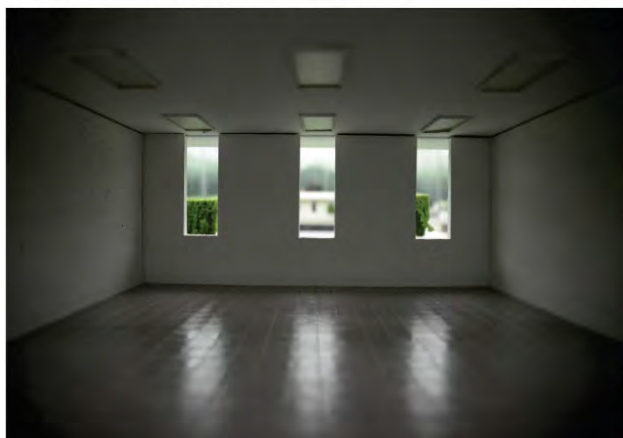
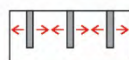
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



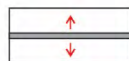
Patrón 3: En franjas verticales



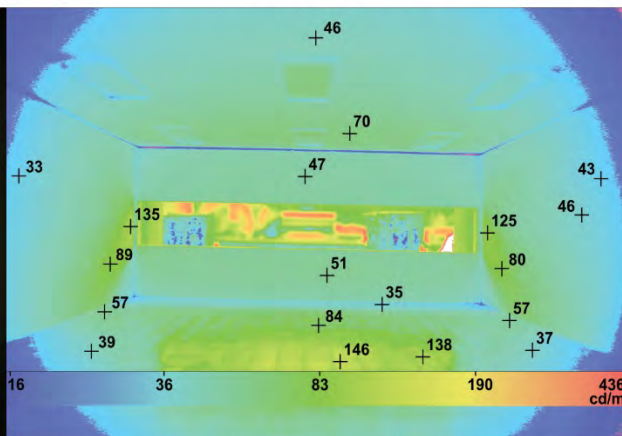
PROPORCIÓN VANO-MURO 30% de Área Acristalada

AULA F004

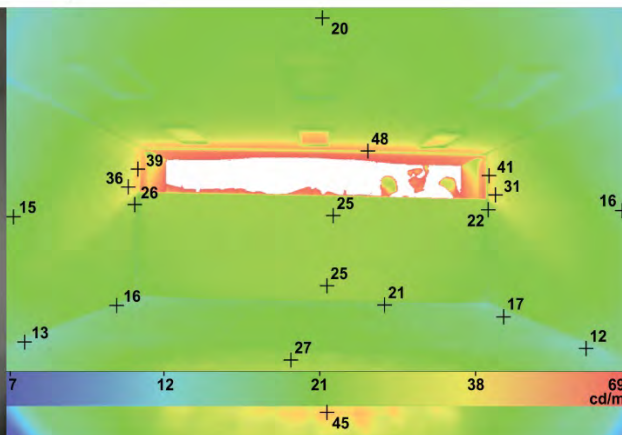
Patrón 1: A partir del centro



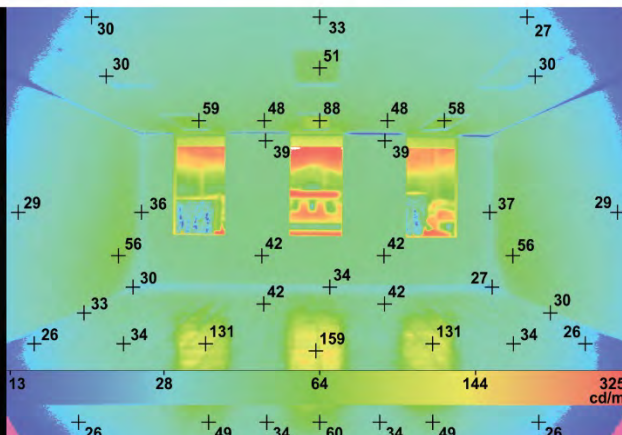
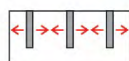
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



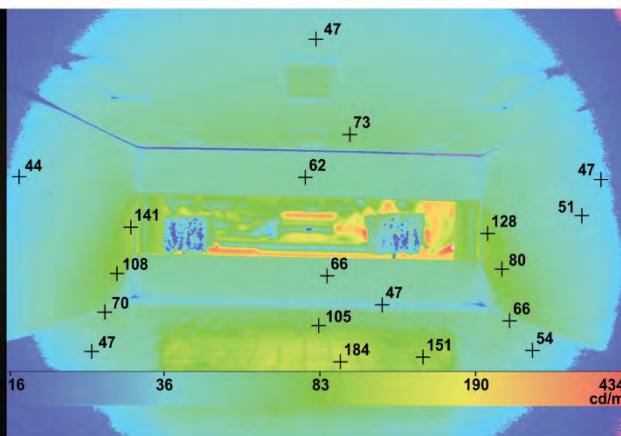
PROPORCIÓN VANO-MURO 40% de Área Acristalada

AULA F004

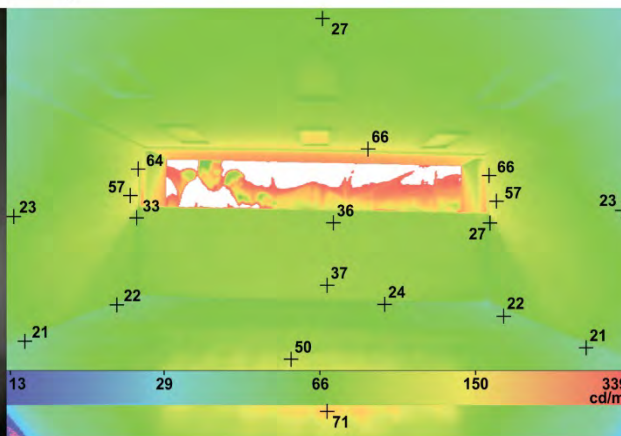
Patrón 1: A partir del centro



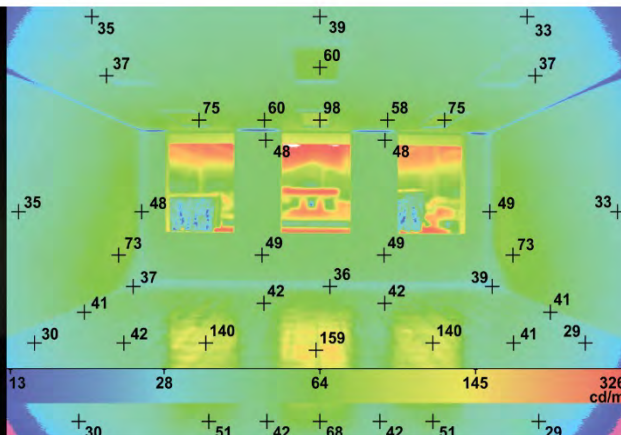
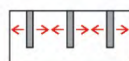
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



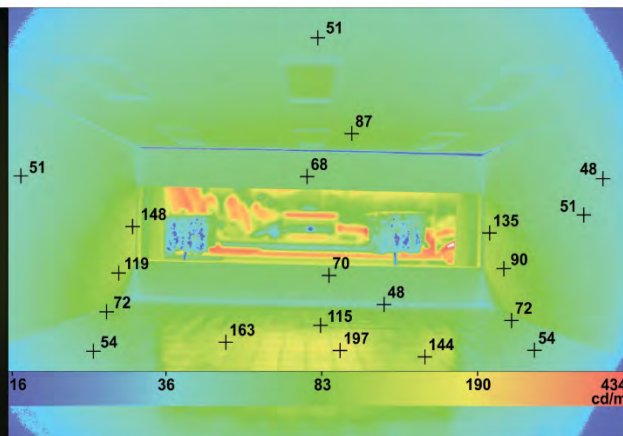
PROPORCIÓN VANO-MURO 50% de Área Acristalada

AULA F004

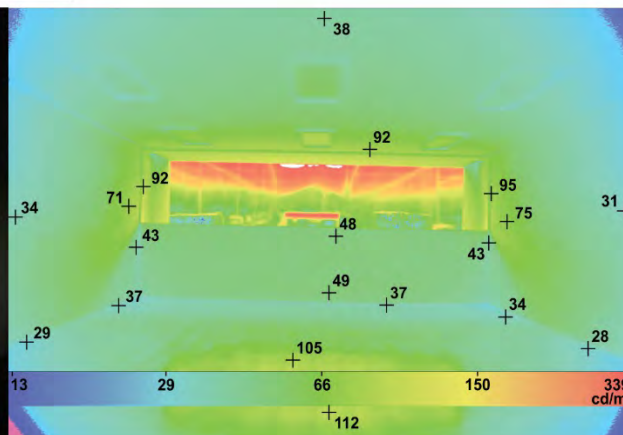
Patrón 1: A partir del centro



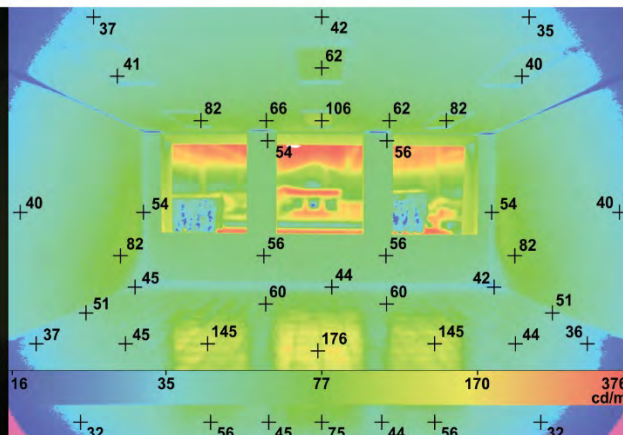
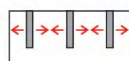
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



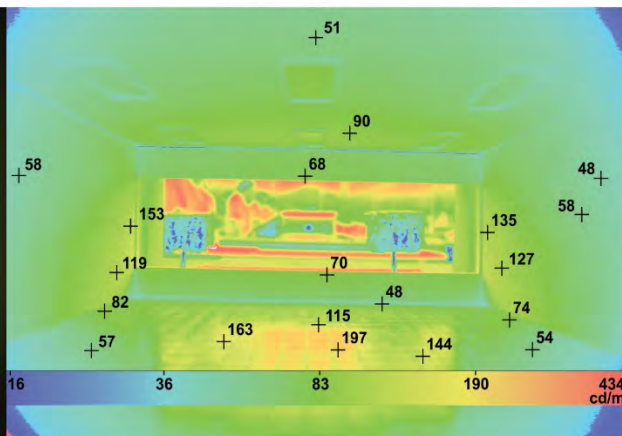
PROPORCIÓN VANO-MURO 60% de Área Acristalada

AULA F004

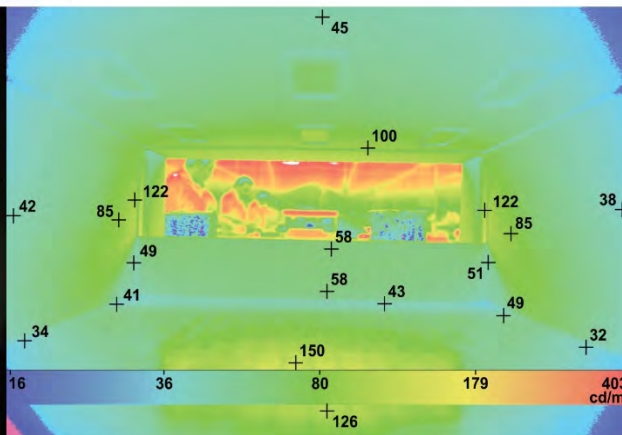
Patrón 1: A partir del centro



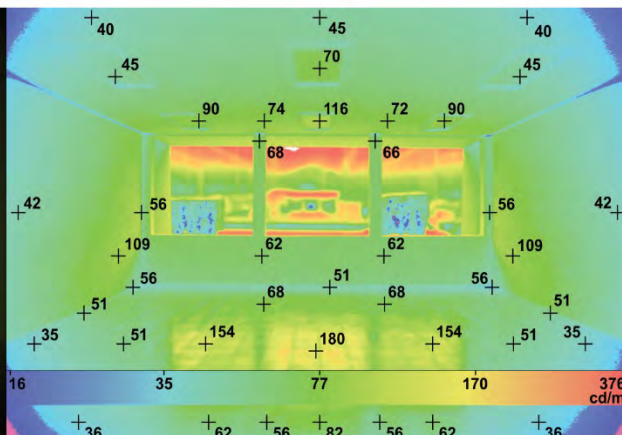
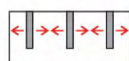
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



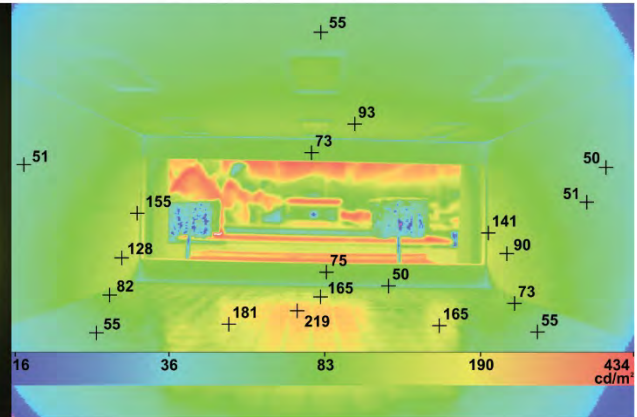
PROPORCIÓN VANO-MURO 70% de Área Acristalada

AULA F004

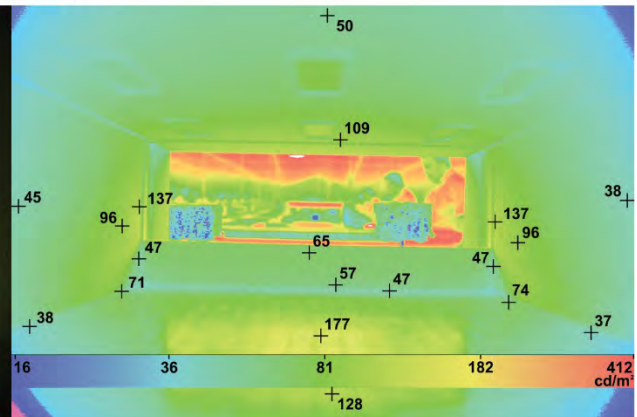
Patrón 1: A partir del centro



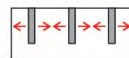
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



NO APLICA

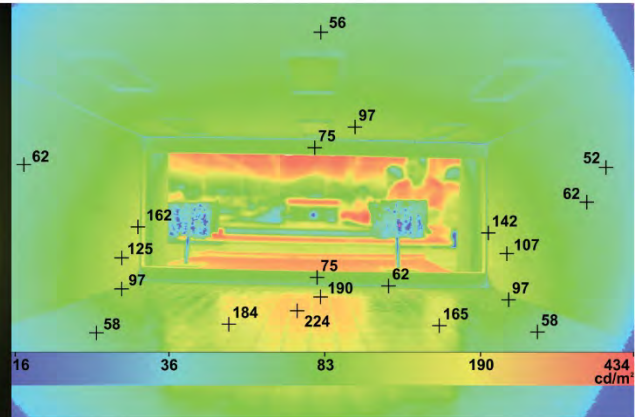
PROPORCIÓN VANO-MURO 80% de Área Acristalada

AULA F004

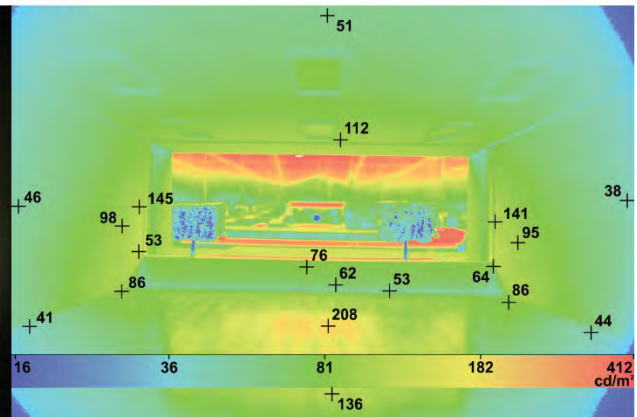
Patrón 1: A partir del centro



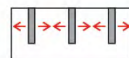
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



NO APLICA

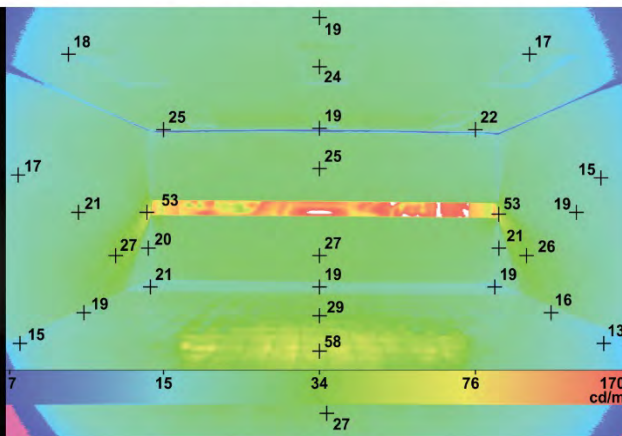
PROPORCIÓN VANO-MURO 10% de Área Acristalada

AULA F205

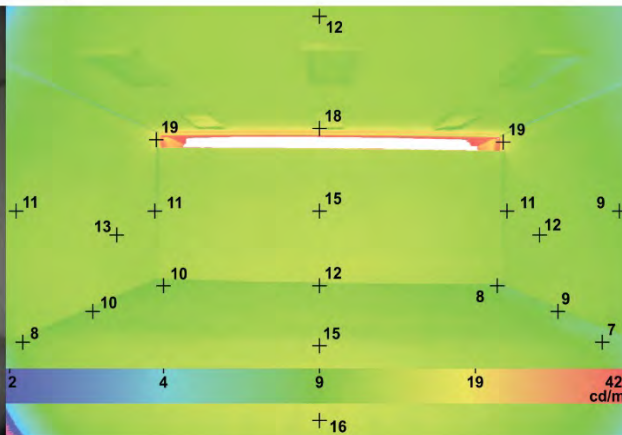
Patrón 1: A partir del centro



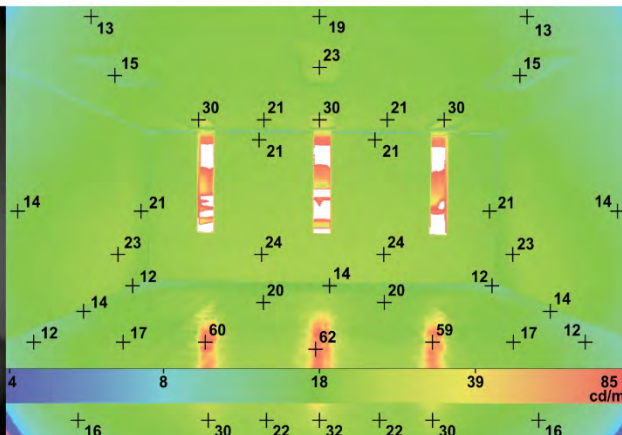
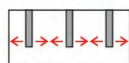
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



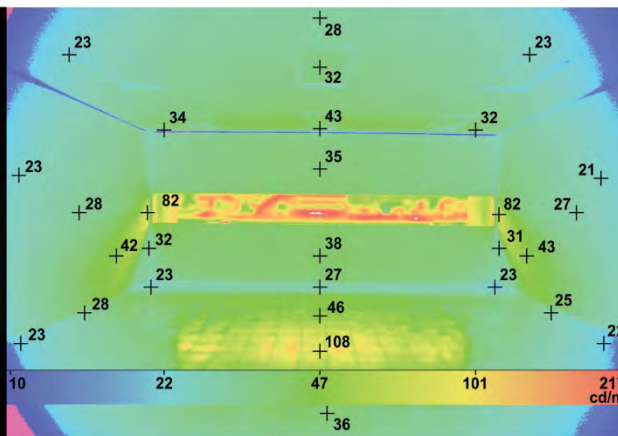
PROPORCIÓN VANO-MURO 20% de Área Acristalada

AULA F205

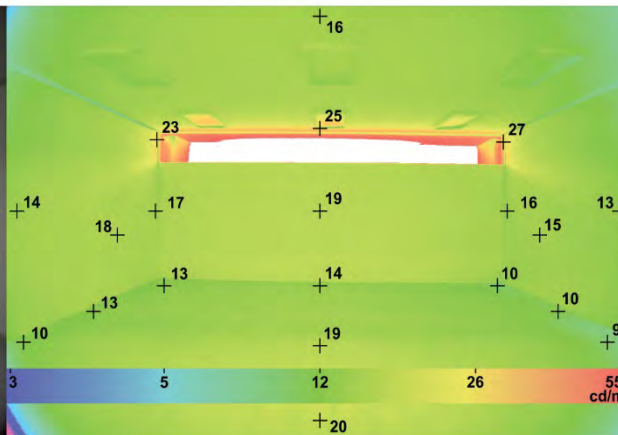
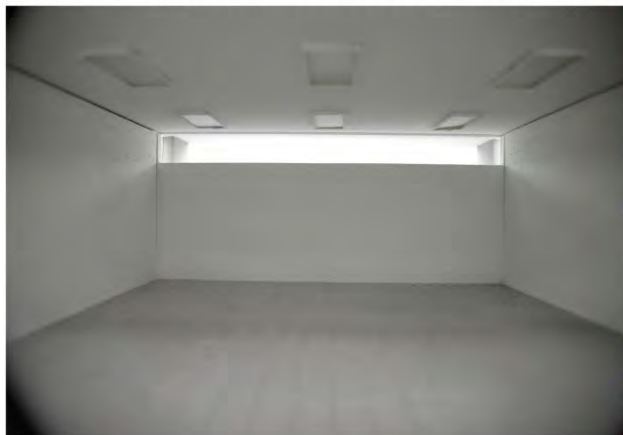
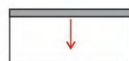
Patrón 1: A partir del centro



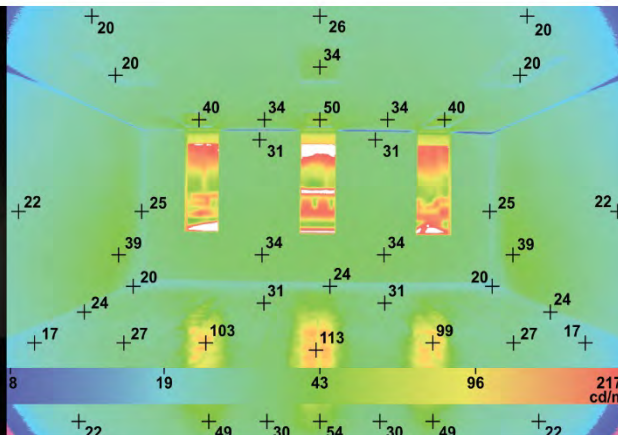
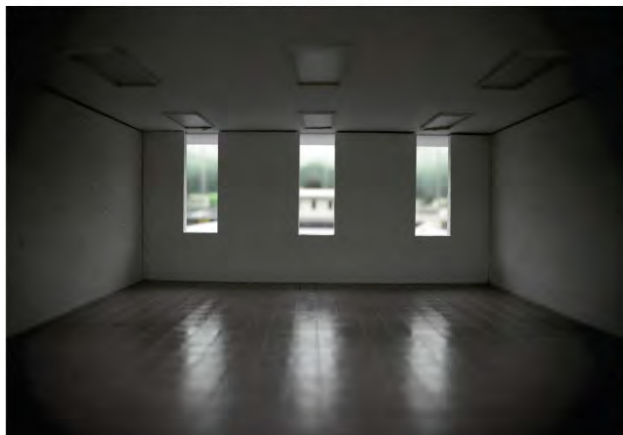
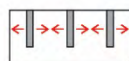
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



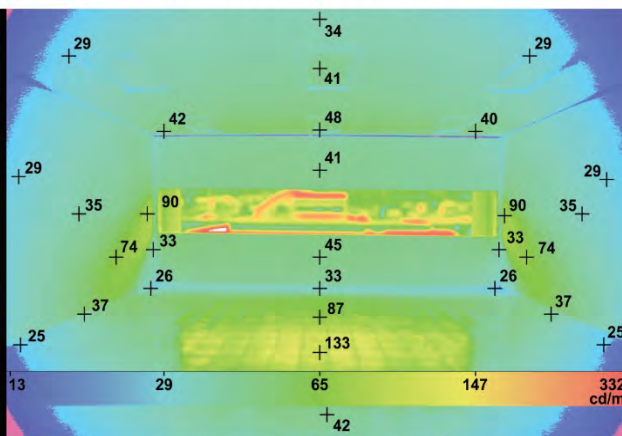
PROPORCIÓN VANO-MURO 30% de Área Acristalada

AULA F205

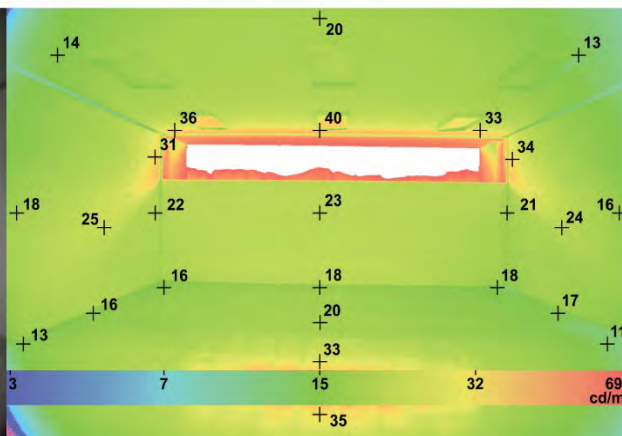
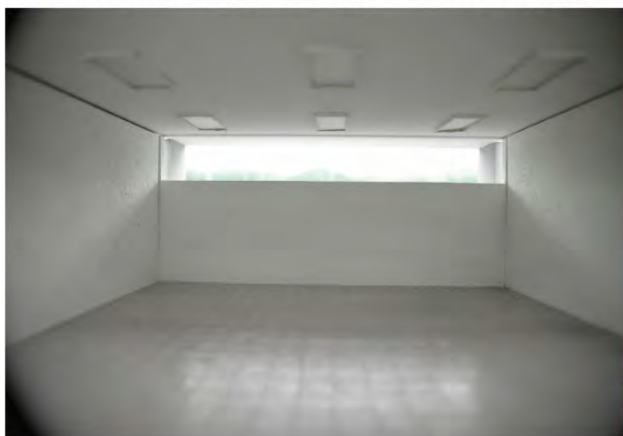
Patrón 1: A partir del centro



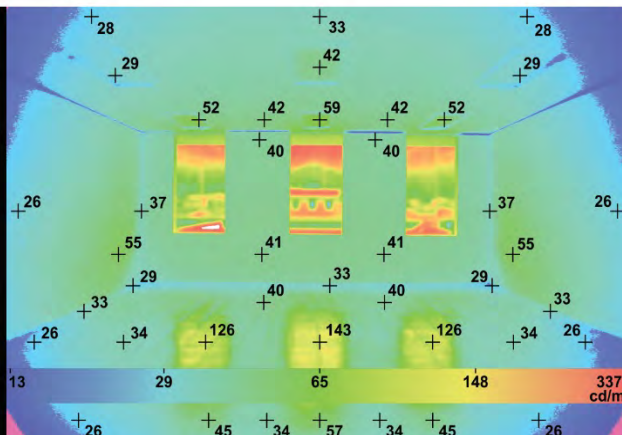
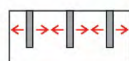
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



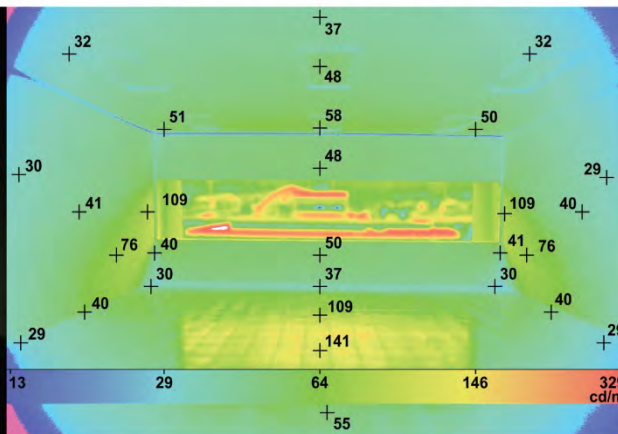
PROPORCIÓN VANO-MURO 40% de Área Acristalada

AULA F205

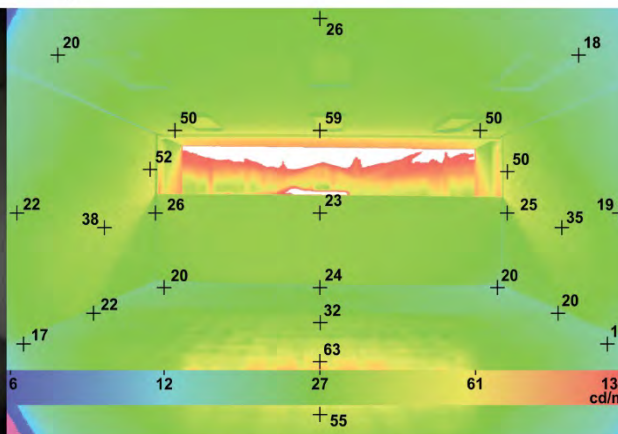
Patrón 1: A partir del centro



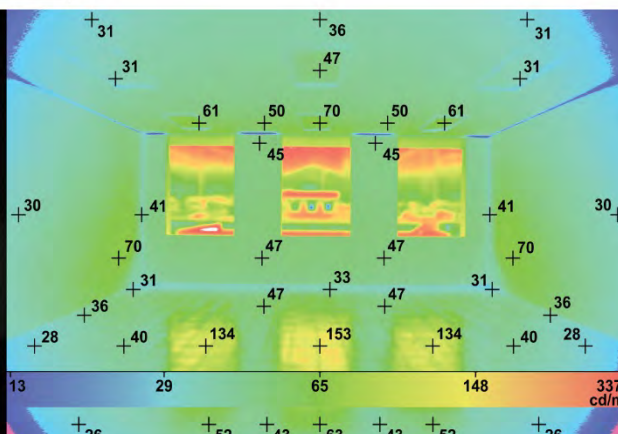
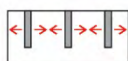
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



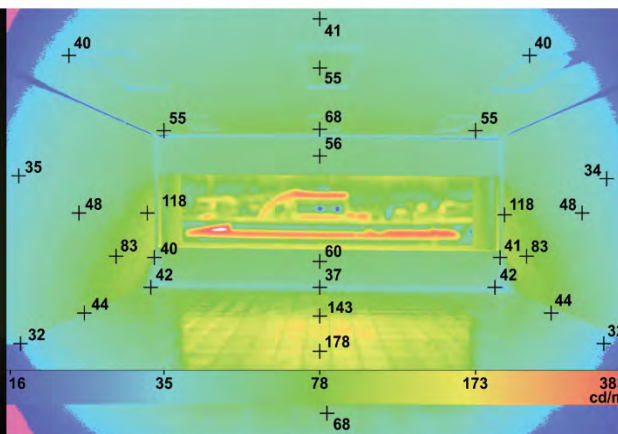
PROPORCIÓN VANO-MURO 50% de Área Acristalada

AULA F205

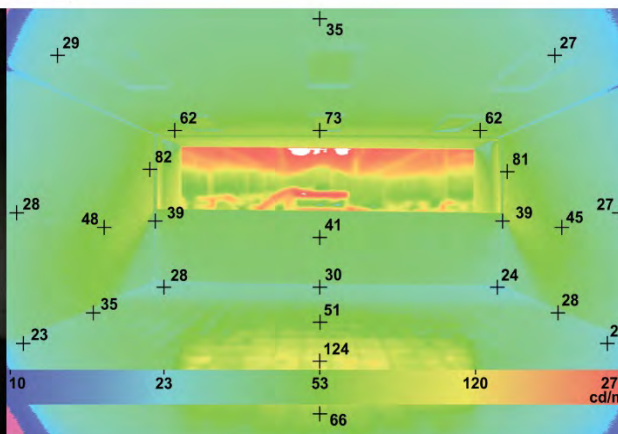
Patrón 1: A partir del centro



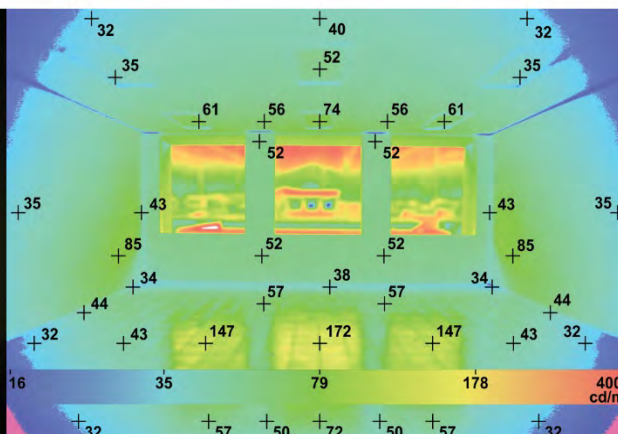
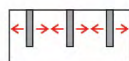
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



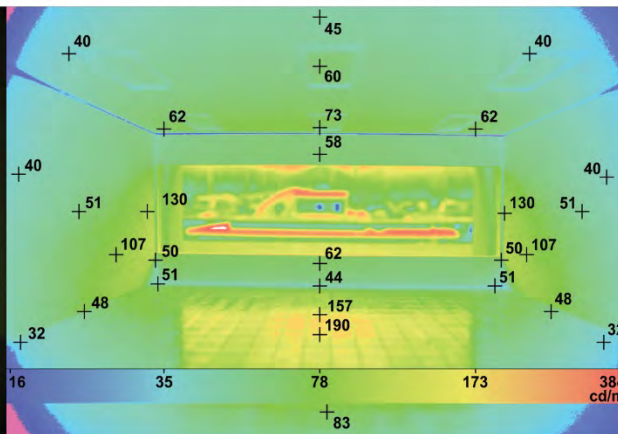
PROPORCIÓN VANO-MURO 60% de Área Acristalada

AULA F205

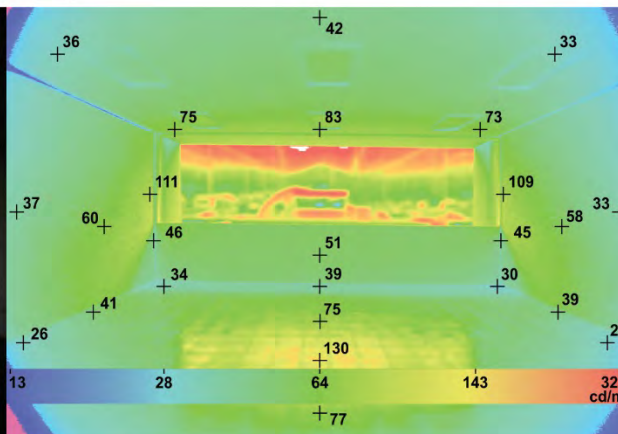
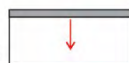
Patrón 1: A partir del centro



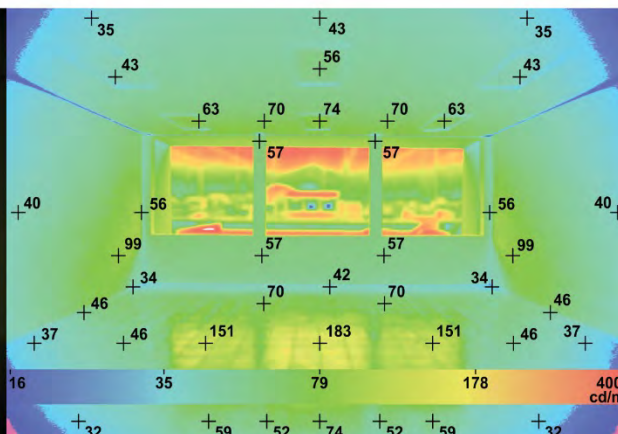
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



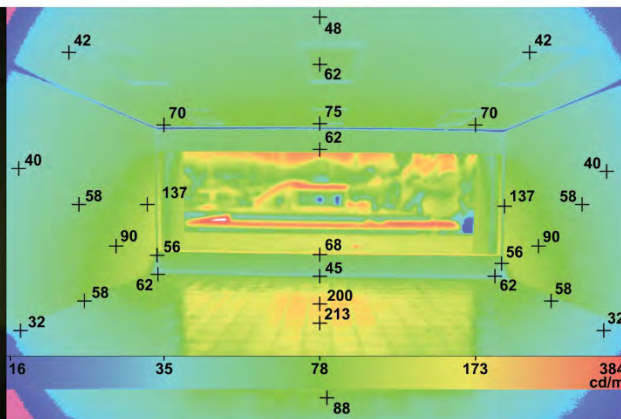
PROPORCIÓN VANO-MURO 70% de Área Acristalada

AULA F205

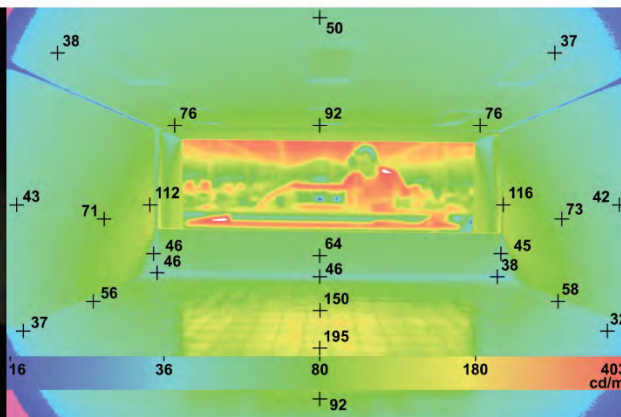
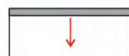
Patrón 1: A partir del centro



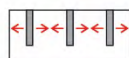
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



NO APLICA

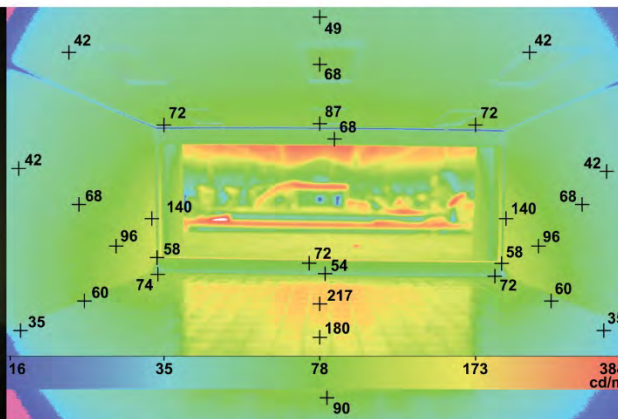
PROPORCIÓN VANO-MURO 80% de Área Acristalada

AULA F205

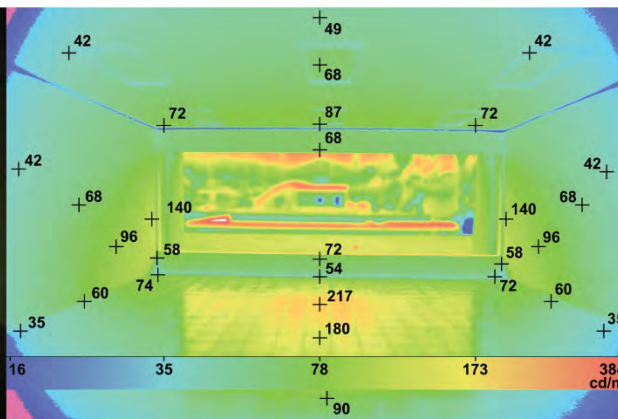
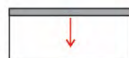
Patrón 1: A partir del centro



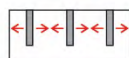
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



NO APLICA

7.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.7.1. Elaboración y diseño de hoja de cálculo

Cumpliendo con una de las metas principales del presente estudio, se elaboró una hoja de cálculo que permite evaluar la calidad de la iluminación natural, tomando en cuenta los parámetros descritos por Marie Claude Dubois en el capítulo 4.1.3. (ver Tabla 3), pero tomando en cuenta también un elemento que escapa a los parámetros descritos por Dubois, y que es de suma importancia ya que afecta significativamente tanto la calidad como la cantidad de luz incidente al interior de los edificios: el factor de mantenimiento.

Realizando un cuidadoso análisis dentro del aula, se observó que el acristalamiento utilizado fue de un cristal claro doble fijo. Desafortunadamente, el mantenimiento aplicado a dicho cristal es muy pobre, por lo que al paso de los años, se ha ido acumulando polvo en la cámara de aire que se encuentra entre ambas hojas de cristal. Es por ello, que en la hoja de cálculo tenemos una primera parte donde introducimos en primera instancia los datos generales del local a analizar.

DATOS GENERALES			
ELEMENTO A ANALIZAR		AULA ESCOLAR	
NOMBRE DE IDENTIFICACIÓN		4	
ACTIVIDADES VISUALES		LECTURA, ESCRITURA, ESTUDIO	
DIMENSIONES		LARGO METROS	7.6
		ANCHO METROS	7.2
		ALTO METROS	3
CROQUIS:			

DATOS DE VANO Y ACRISTALAMIENTO			
TIPO DE VANO			
PORCENTAJE VANO-MACISO			
PATRÓN			
DIMENSIONES		LARGO	
		ANCHO	
		ALTO	
TIPO DE ACRISTALAMIENTO		Cristal doble claro 0.8	
FACTOR DE MANTENIMIENTO		0.8125	
TRANSMITANCIA DE CRISTAL		0.85	

DATOS DE VANO Y ACRISTALAMIENTO			
TIPO DE VANO			
PORCENTAJE VANO-MACISO			
PATRÓN			
DIMENSIONES		LARGO	
		ANCHO	
		ALTO	
TIPO DE ACRISTALAMIENTO		Cristal doble claro 0.8	
FACTOR DE MANTENIMIENTO		Cristal doble claro	
TRANSMITANCIA DE CRISTAL		Cristal doble entintado - verde o verde az.	
		Cristal doble entintado - azul	
		Cristal doble entintado - bronce	
		Cristal doble entintado - gris	
		Cristal doble reflejante - ligero	
		Cristal doble reflejante - medio	
		Cristal doble reflejante - alto	

Figura 60. Hoja de llenado de datos. Se usan tablas dinámicas y menús desplegables.

Cuadro de Iluminancias

La segunda hora está destinada a capturar las lecturas en diferentes puntos del interior del aula. Esto se realiza utilizando el equipo de medición en el inciso 7.2.1. Toma algunos datos y valores de la primera hoja de llenado, tales como, el número de aula, el patrón, el porcentaje de vano-macizo, la transmitancia del cristal y el factor de mantenimiento. Con estos dos últimos datos, se hace una corrección de la transmitancia del cristal. Es aquí donde podemos observar la influencia del factor de mantenimiento en la incidencia de luz natural al interior del local.

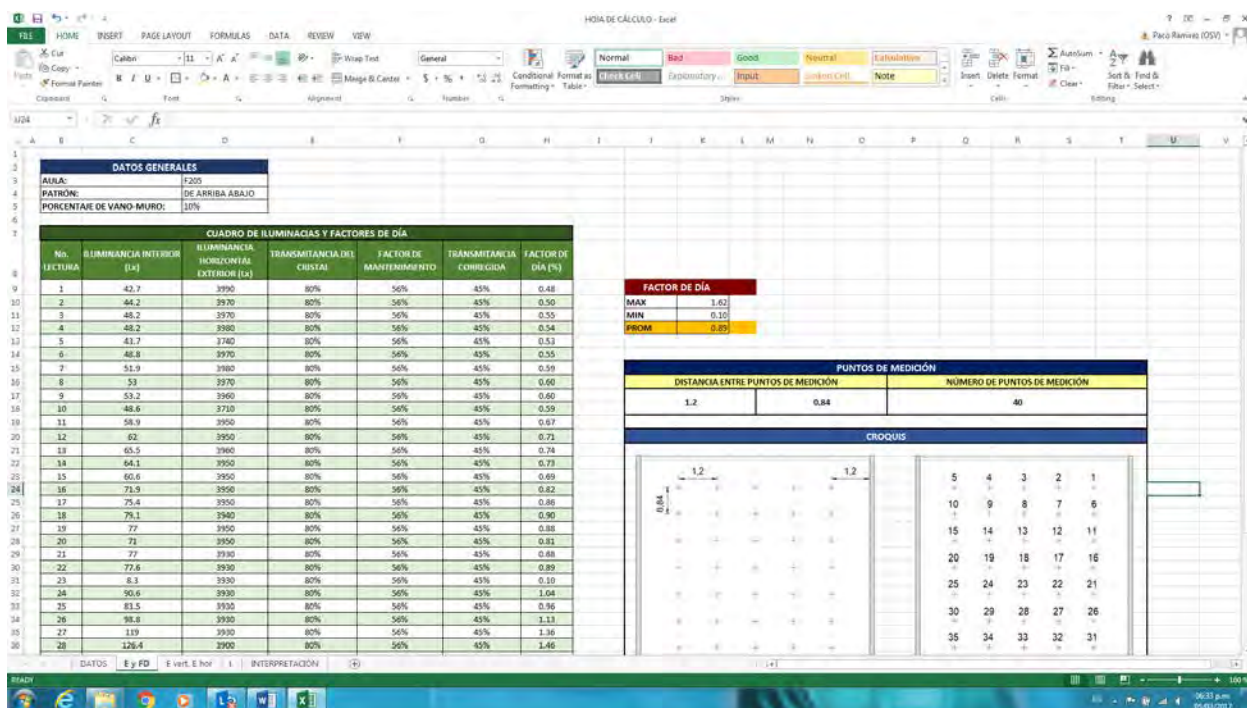


Figura 61. Segunda página de hoja de cálculo. Se detallan las características y condiciones de los puntos de medición. Es importante tomar una medición exterior por cada punto de medición interior. También se toma en cuenta la transmitancia del cristal y el factor de mantenimiento.

Luminancia horizontal a vertical

La tercera hoja de cálculo se utiliza para capturar la iluminancia horizontal y la iluminancia vertical del local a diseñar. Al igual que en la hoja anterior, se toma en cuenta la transmitancia del cristal y el factor de mantenimiento, por lo que se hace una corrección

de la transmitancia final del cristal. Estos datos ya son puestos en automático por la hoja de cálculo ya que aparecen en la hoja de llenado.

DATOS GENERALES			
AULA:	F205		
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO		
PORCENTAJE DE VANO MURO:	10%		

ILUMINANCIA HORIZONTAL A VERTICAL			
TIPO DE ILUMINANCIAS	ILUMINANCIA	FACTOR DE MANTENIMIENTO	ILUMINANCIA CORREGIDA
HORIZONTAL:	136.71	50%	76.9
VERTICAL:	76.8	50%	43.2
VALOR GENERAL:	3.16	50%	1.78

Figura 62. Tercera página de la hoja de cálculo, Se obtiene el valor de transición entre la iluminancia horizontal y la vertical.

Cuadro de Luminancias

En la cuarta hoja de cálculo se vacían los valores de luminancia de diferentes elementos interiores, tales como muros piso y cielo. Cabe mencionar que entre más información tengamos sobre los valores de luminancia, más certera y confiable será el resultado. Sin embargo, no es necesario llenar la tabla completa, ya que se saca un promedio entre todas las mediciones.

En esta hoja obtenemos los valores de radio de luminancia absoluto, la luminancia absoluta, la luminancia máxima y la luminancia mínima.

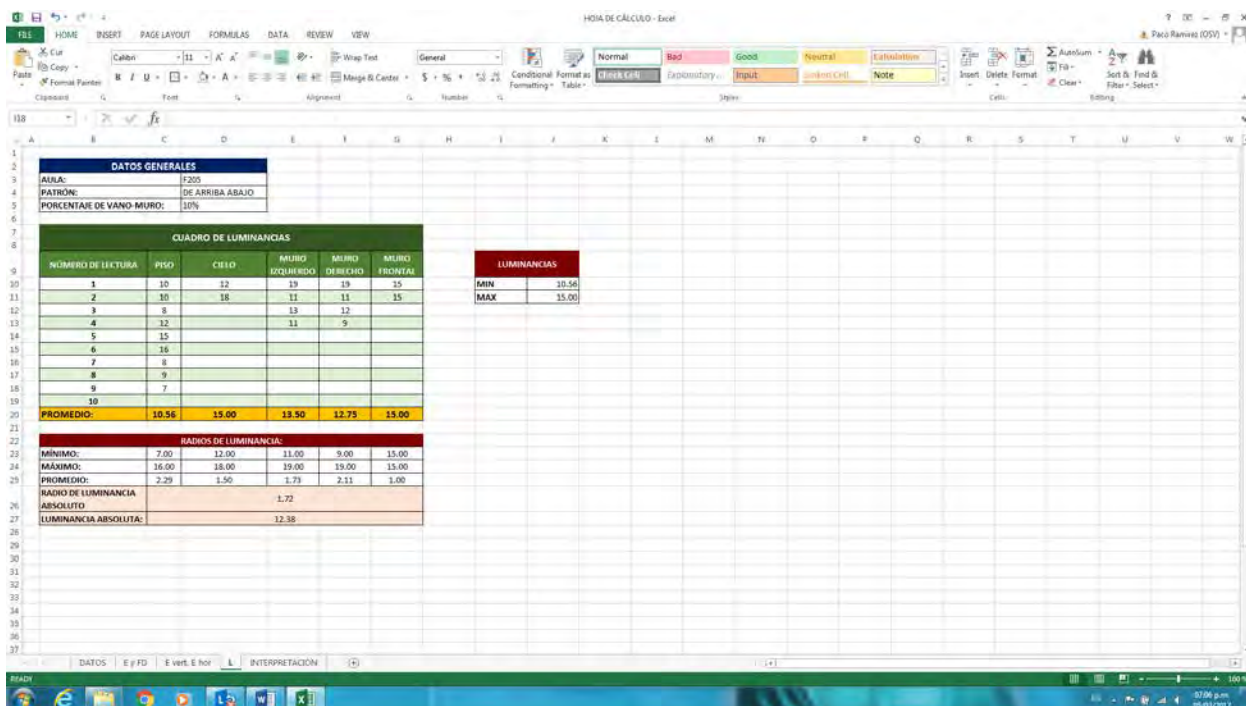


Figura 63. Cuarta página de la hoja de cálculo de Excel, destinada a llenar un cuadro de luminancias, según los datos obtenidos del software Photolux.

Hoja de resultados

Una vez llenadas todas las hojas con los datos tanto de iluminancia como de luminancia, como los de los datos generales, la hoja de cálculo automáticamente procesa estos datos y los evalúa según el siguiente criterio:

- a) Factor de luz de día: 25 puntos posibles.
 - b) Iluminancia horizontal: 25 puntos
 - c) Iluminancia horizontal a vertical: 5 puntos
 - d) Luminancia absoluta: 25 puntos
 - e) Radios de luminancia: 10 puntos
 - f) Áreas de luz solar directa: 10 puntos
- TOTAL: 100 puntos posibles**

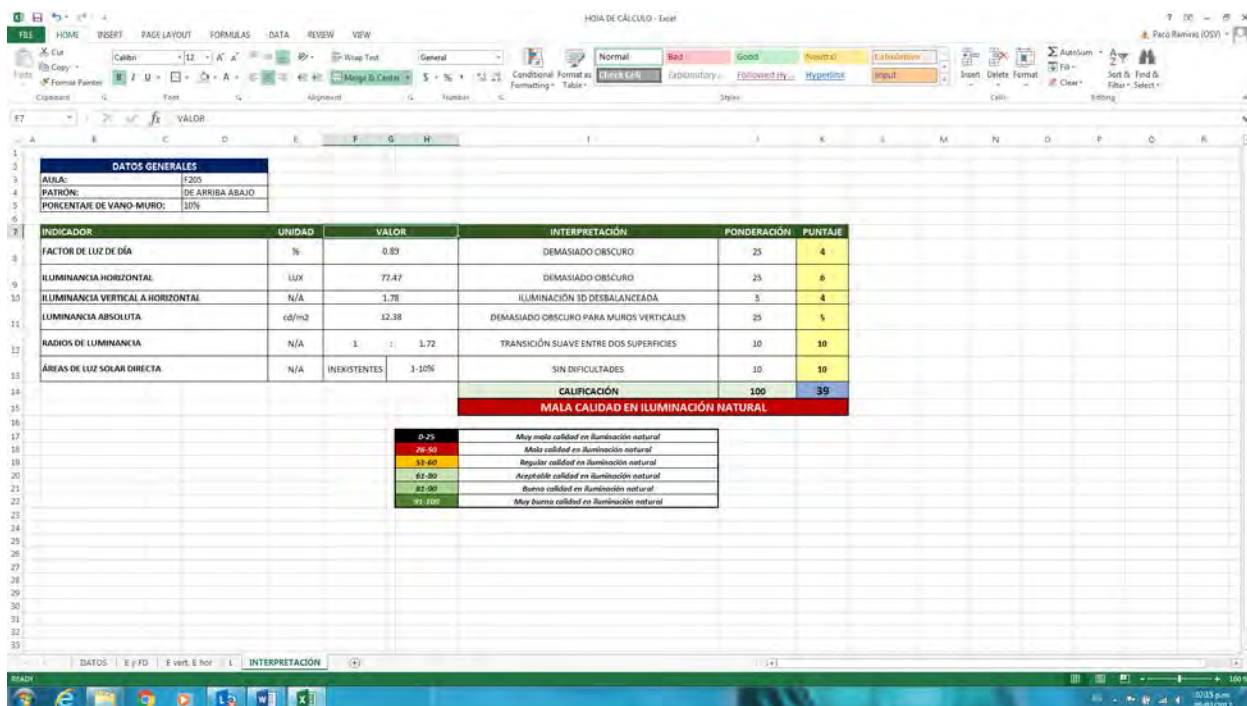


Figura 64. Hoja de interpretación de resultados.

Aparte de determinar un puntaje, la hoja de cálculo, determina la calidad de iluminación natural que existe en el área analizada, de acuerdo al siguiente criterio:

0-25	Muy mala calidad en iluminación natural
26-50	Mala calidad en iluminación natural
51-60	Regular calidad en iluminación natural
61-80	Aceptable calidad en iluminación natural
81-90	Buena calidad en iluminación natural
91-100	Muy buena calidad en iluminación natural

Tabla 13. Criterios de evaluación de calidad en iluminación natural.

También se determina en base a un código de color que puede observarse en la tabla anterior, siendo el color negro representativo de una muy mala calidad en iluminación natural, y el verde, una muy buena calidad en iluminación natural.

También ofrece la ventaja de ver en qué rubros hay áreas de oportunidad que pueden mejorarse según la interpretación de los valores calculados.

7.7.2. Resultados obtenidos según la hoja de cálculo, por porcentaje de vano-muro.

A continuación se detallan los resultados obtenidos por la hoja de cálculo, junto con la interpretación y evaluación de cada rubro, por cada porcentaje de vano-macizo.

PROPORCIÓN VANO-MURO

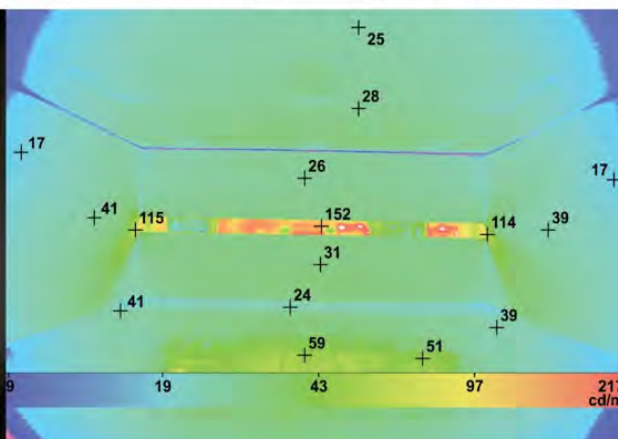
10% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	10%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.83		DEMASIADO OSCURO	25	8	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	120.34		DEMASIADO OSCURO	25	10	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.39		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	3	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	45.19		OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	4.68	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	54
				REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL			

De acuerdo a los datos obtenidos, y a causa de la proporción de vano-macizo, en este caso, todos los parámetros son muy bajos, y se convierten en áreas de oportunidad. Sólo los elementos de radios de luminancia y áreas de luz solar directa son los que mejor puntuación obtuvieron.

PROPORCIÓN VANO-MURO

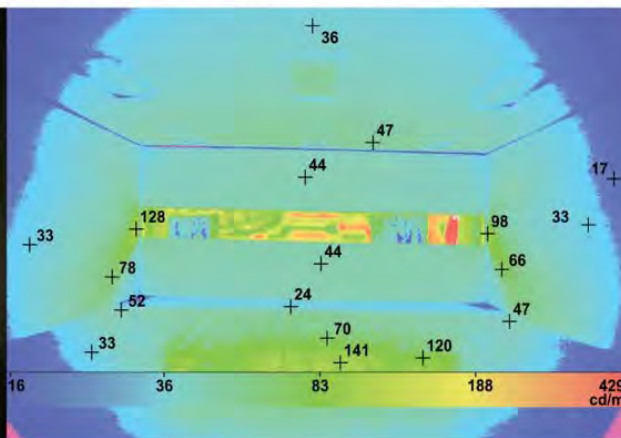
20% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES								
AULA:	F004							
PATRÓN:	DEL CENTRO							
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	20%							
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN		PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	2.62		OBSCURO		25	12
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	165.4425		DEMASIADO OBSCURO		25	12
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.42		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA		5	3
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	59.64		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES		25	15
RADIOS DE LUMINANCIA		N/A	1	: 3.01	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES		10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES		10	10
					CALIFICACIÓN		100	60
					REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL			

En este caso, mejoran las condiciones tanto de factor de luz de día, como de iluminancia y luminancia, sin embargo, aún sigue siendo un local muy oscuro, y nuevamente los parámetros de Radios de luminancia y de Áreas de luz solar directa, son las que mejor calificación obtuvieron. La transición entre superficies adyacentes es aceptable, y la iluminación 3D continúa siendo desbalanceada.

PROPORCIÓN VANO-MURO

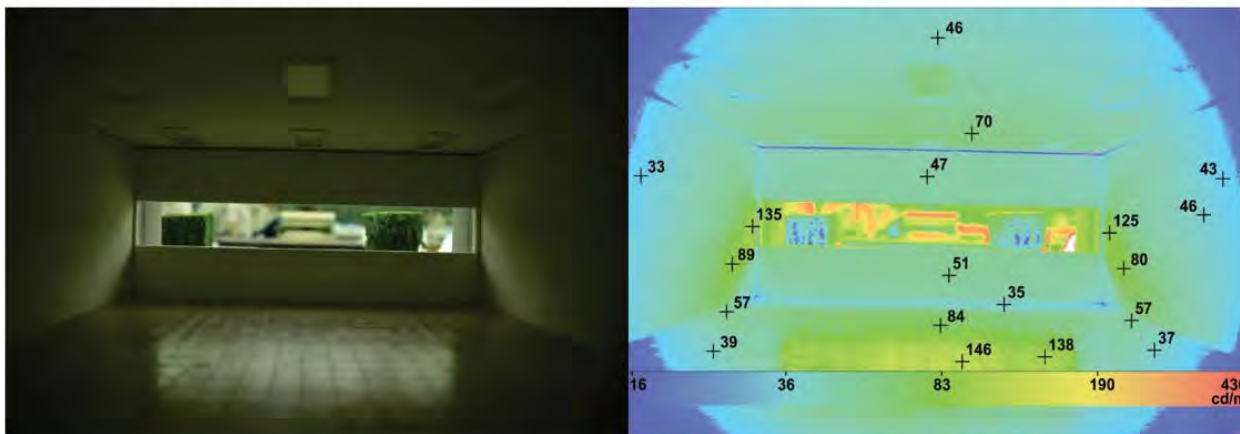
30% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES										
AULA:	F004									
PATRÓN:	DEL CENTRO									
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	30%									
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN			PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	3.08		OBSCURO			25	14	
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	191.1725		DEMASIADO OBSCURO			25	14	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.54		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA			5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	70.19		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES			25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA		N/A	1	:	2.78	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES			10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES			10	10
					CALIFICACIÓN			100	67	
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL										

A pesar de seguir siendo un local oscuro, la calificación general es aceptable en calidad de iluminación natural. Continúan siendo los rubros mejor calificados los de Radios de luminancia, y las de áreas de luz solar directa, obteniendo el máximo puntaje en ambos. La diferencia en cuanto a los vanos anteriores, fue la calificación general, ya que tanto en factor de luz de día, como de iluminancia horizontal, iluminancia vertical a horizontal, y de luminancia absoluta, mejoraron un poco y permitieron alcanzar una calificación de 67 puntos.

PROPORCIÓN VANO-MURO

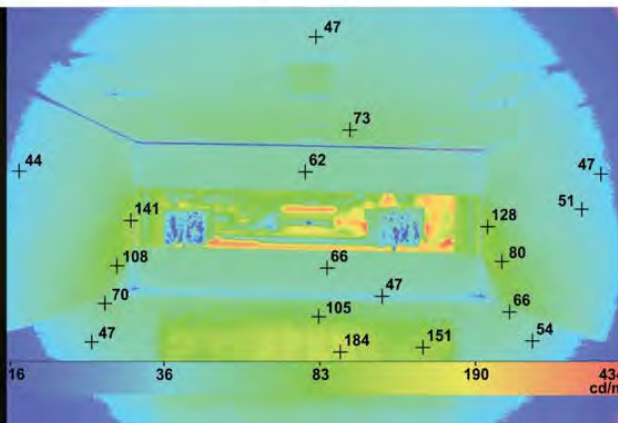
40% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	40%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	3.58		OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	212.8725		DEMASIADO OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.70		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m ²	80.52		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.56	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES		1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	71
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

Nuevamente, el criterio final es el de una aceptable calidad en iluminación natural. Suben los puntajes en los rubros de factor de luz de día, iluminancia horizontal, iluminancia vertical a horizontal y luminancia absoluta. Sigue estando oscuro, pero la calificación final es de 71 puntos. Sin embargo la diferencia entre el vano anterior y éste, es de sólo 4 puntos. Puntajes máximos obtenidos en radios de luminancia y áreas de luz solar directa.

PROPORCIÓN VANO-MURO

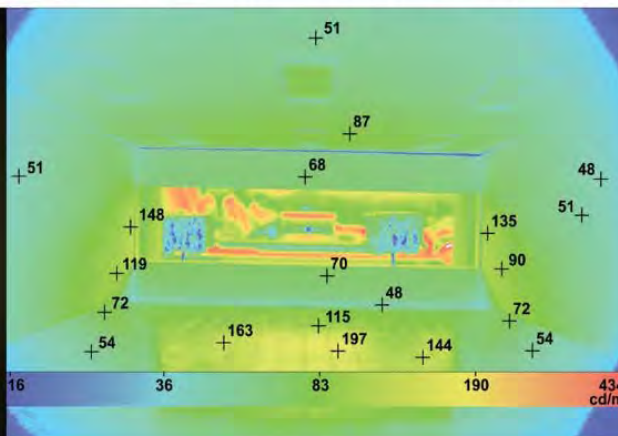
50% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES										
AULA:	F004									
PATRÓN:	DEL CENTRO									
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	50%									
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN			PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	3.95		OBSCURO			25	16	
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	234.825		DEMASIADO OBSCURO			25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.45		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA			5	3	
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	89.77		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES			25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA		N/A	1	:	2.51	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES			10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES			10	10
						CALIFICACIÓN			100	70
						ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL				

Este es el primer ejemplo en el que podemos ver que a pesar de tener un vano mayor al anterior, se obtuvo un resultado ligeramente más bajo. La causa fue el puntaje obtenido en iluminancia vertical a horizontal. Aunque en ambos la iluminación 3D está desbalanceada, en este caso, la calificación de este rubro fue de 3 de 5 puntos posibles, y en el anterior fue de 4 de 5 puntos posibles. Con referencia a los demás rubros, realmente no hay un cambio significativo. La calificación final fue de 70 puntos, mientras que en el anterior fue de 71 puntos.

PROPORCIÓN VANO-MURO

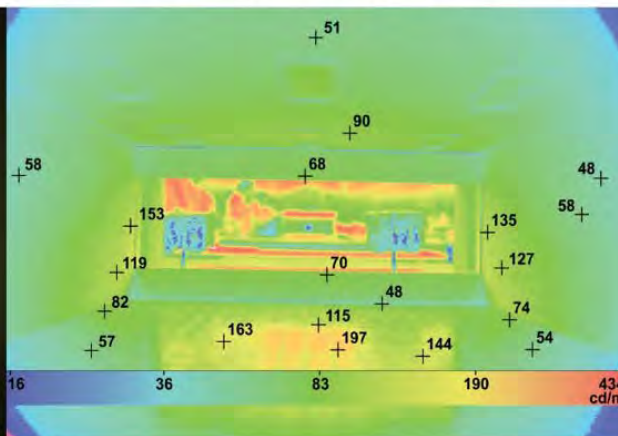
60% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	60%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	4.17		OBSCURO	25	18	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	240.225		DEMASIADO OBSCURO	25	18	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	0.77		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	2	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	93.27		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.46	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	73
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

Mejoran los rubros de factor de luz de día y iluminancia horizontal, al igual que en alguno de los vanos anteriores, los radios de luminancia, y áreas de luz solar directa, se obtuvieron 10 de 10 puntos posibles en ambos rubros. Sin embargo, en el parámetro de iluminancia vertical a horizontal, se obtuvo una puntuación más baja. La calificación final fue de 73 puntos de 100 posibles, mejorando un poco la calidad en iluminación natural. Sigue siendo una calidad aceptable.

PROPORCIÓN VANO-MURO

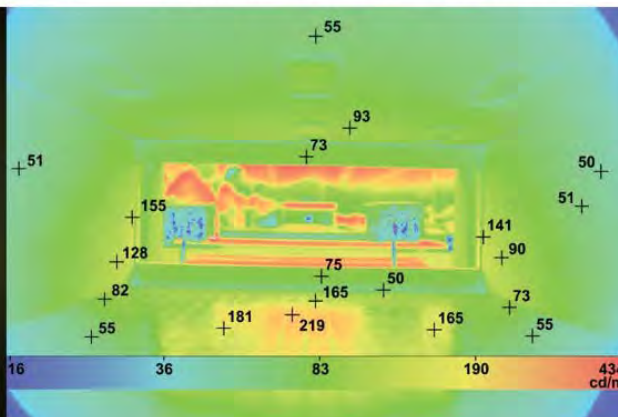
70% de Área Acrystalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	70%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN		PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	4.35		OBSCURO		25	18
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	250.85		DEMASIADO OBSCURO		25	18
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.43		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA		5	3
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	97.86		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES		25	15
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.60	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	74
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

A pesar de seguir siendo un local oscuro, el local sigue teniendo una aceptable calidad en iluminación natural. Mejora la iluminancia vertical a horizontal, y aunque sigue estando desbalanceada, mejora en cuanto a puntaje, en comparación del vano anterior. Radios de luminancia y áreas de luz solar directa siguen teniendo la mayor calificación posible, y la calificación final es de 74. La calidad en iluminación natural es simplemente aceptable.

PROPORCIÓN VANO-MURO

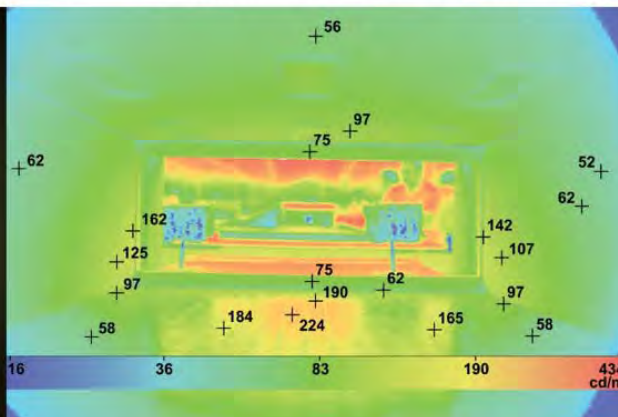
80% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES								
AULA:	F004							
PATRÓN:	DEL CENTRO							
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	80%							
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN		PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	4.50		OBSCURO		25	18	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	253.85		DEMASIADO OBSCURO		25	18	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.50		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA		5	3	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	106.10		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES		25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.43	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10	
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES	10	10	
					CALIFICACIÓN	100	74	
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL			

Realmente no existe ningún cambio en comparación al 70% de área acristalada. Los puntajes, áreas de oportunidad y calificación en todos los rubros es exactamente igual para ambos casos. La calificación de 74 es muestra de ello. Para éste patrón de ventana (a partir del centro) tanto el 70 como el 80% de proporción vano-muro son las mejor calificadas, pero para nada son los más aptos para esta aula y según las condiciones de diseño estudiadas.

PROPORCIÓN VANO-MURO

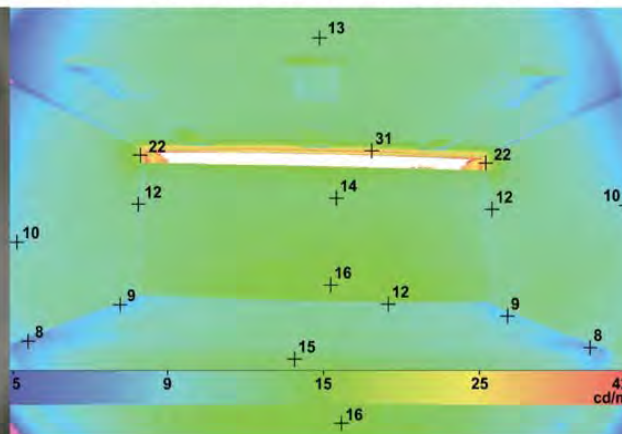
10% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	10%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.39		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	88.9325		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.86		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	14.06		DEMASIADO OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	1.99	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10

Prácticamente todos los parámetros, excepto el de áreas de luz solar directa, y radios de luminancia, se convierten en áreas de oportunidad para mejora. El local es demasiado oscuro, incluso más que el 10% de vano-muro del patrón que parte del centro del muro. La calificación final es de 41, por lo que se considera que tiene una mala calidad en iluminación natural

PROPORCIÓN VANO-MURO

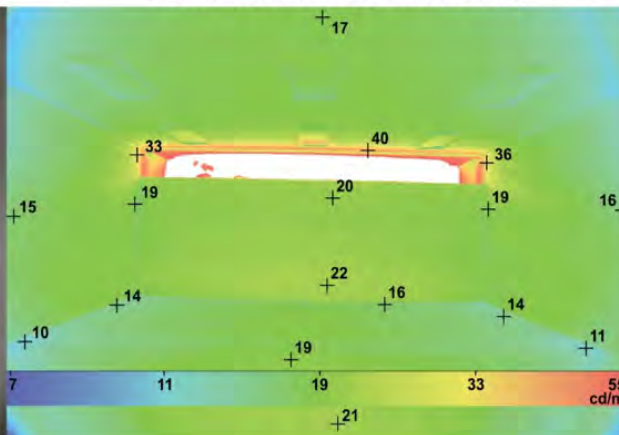
20% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	20%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.45		DEMASIADO OBSCURO	25	6	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	91.725		DEMASIADO OBSCURO	25	8	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.40		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	3	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	20.12		DEMASIADO OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	: 2.00	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10	
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10	

Nuevamente, podemos observar que en comparación con el vano anterior, la diferencia es realmente poco. Al igual que la mayoría de los vanos con los que se experimentó, los rubros de Áreas de Luz Solar Directa, y de Radios de Luminancia, tienen una alta calificación. En el caso de Áreas de Luz Solar Directa, es comprensible, ya que como las aulas que analizamos están orientadas hacia el norte, es difícil que penetre luz solar directa en dichas áreas. En este caso, el resultado también refleja que el 20% del vano en el patrón que parte del centro, es mejor que éste, cuya abertura va creciendo de arriba abajo.

PROPORCIÓN VANO-MURO

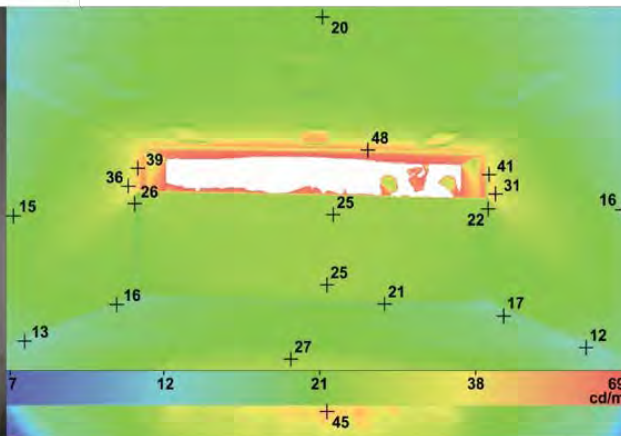
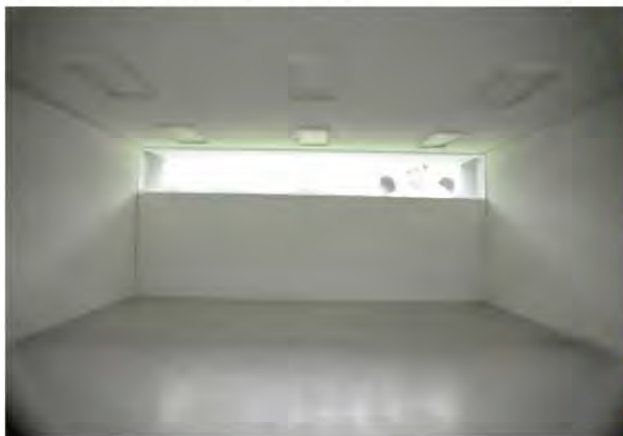
30% de Área Acrystalada

AULA F004

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	30%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.74		DEMASIADO OSCURO	25	8	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	105.415		DEMASIADO OSCURO	25	8	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.66		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	26.05		DEMASIADO OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.46	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	45
MALA CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

Aún sigue siendo muy oscuro el espacio, y la calidad en iluminación natural sigue siendo mala. Sin embargo, la Iluminancia vertical a horizontal mejoró llegando casi a la calificación más alta. Sin embargo, el resultado final fue de 45 puntos de 100. Todos los rubros, a excepción de la de Radios de Luminancia, y Áreas de Luz Solar Directa, son áreas de oportunidad que podrían mejorarse, pero no con éste porcentaje de vano-muro.

PROPORCIÓN VANO-MURO

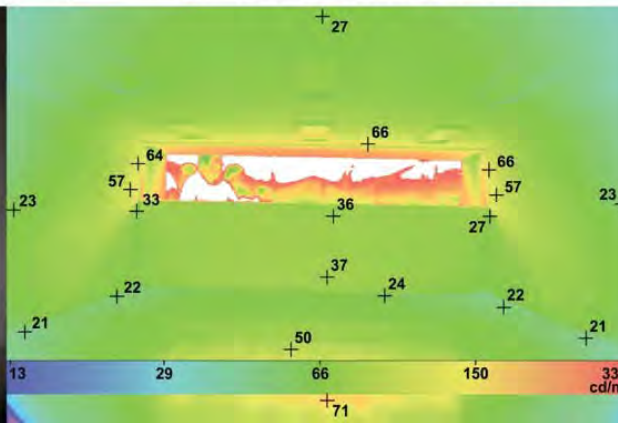
40% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	40%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.26		OBSCURO	25	10	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	133.3325		DEMASIADO OBSCURO	25	10	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.75		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m²	39.32		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.50	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	59
REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

En este caso, la calificación mejoró de manera significativa, ya que la calidad en la iluminación natural es regular. Sin embargo, sigue siendo un local oscuro, por lo que los parámetros de Factor de Luz de Día, Iluminancia Vertical y Luminancia Absoluta, aún continúan bajos, pero mejorando a medida que se abre más el vano.

Los Radios de Luminancia, y las Áreas de Luz Solar Directa, siguen teniendo los mejores puntajes.

La calificación general sigue siendo aún más bajo que aquel con el 40%, pero del parámetro que parte del centro del muro.

PROPORCIÓN VANO-MURO

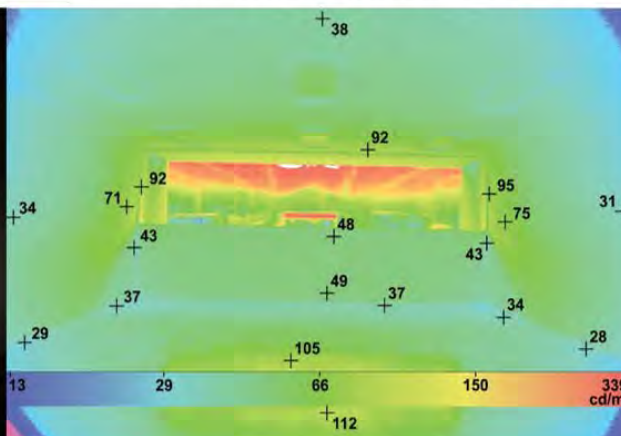
50% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES						
AULA:	F004					
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO					
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	50%					
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.87		OBSCURO	25	12
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	170.7275		DEMASIADO OBSCURO	25	12
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.64		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	57.53		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.64	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10
	</					

Sigue mejorando el puntaje general, hasta llegar ahora al 63. En este caso, la calidad en iluminación natural llega a ser aceptable, y aún hay algunos rubros que son áreas de oportunidad para la mejora. Continúa siendo un local oscuro, y lumínicamente desbalanceado. Sigue siendo superior el vano que parte del centro del muro hacia sus extremos. Sin embargo, vemos cómo cada vez se acercan más los puntajes de ambos patrones.

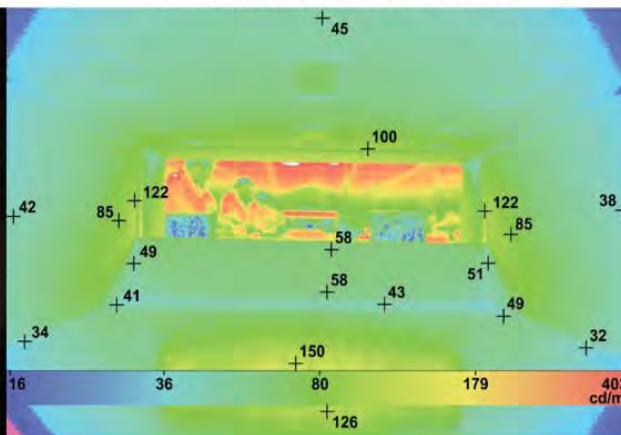
60% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES									
AULA:	F004								
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO								
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	60%								
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN			PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	3.52		OBSCURO			25	16	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	213.5025		DEMASIADO OBSCURO			25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.83		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA			5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	70.00		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES			25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.81	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES			10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES			10	10
					CALIFICACIÓN			100	71
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL				

Sólo dos puntos separan a los dos vanos del 60% hasta ahorita analizados, y para esta aula en específico. La calificación general es de 71, y se considera que tiene una aceptable calidad en iluminación natural. A pesar de que los puntajes subieron mucho en comparación al vano anterior, sigue siendo una aula muy oscura.

PROPORCIÓN VANO-MURO

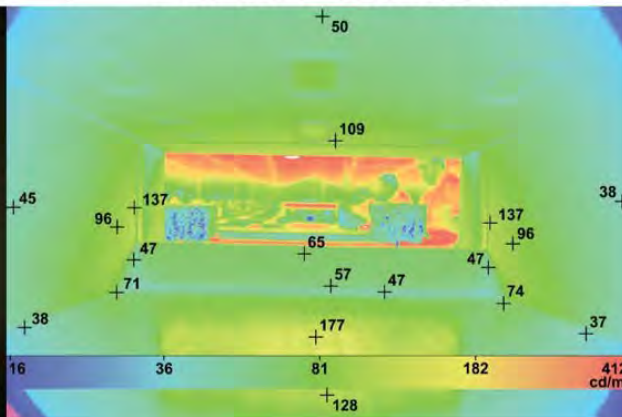
70% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	70%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	10.21		RIESGO DE SOBRECALENTAMIENTO	25	20	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	303.75		CUMPLE CON EL ESTÁNDAR NACIONAL	25	25	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.53		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m ²	78.26		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.00	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10	
					CALIFICACIÓN	100	84
BUENA CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

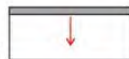
Definitivamente, en este caso, mejoró significativamente la iluminación natural, a tal grado de obtener un puntaje de 84, y tener altas calificaciones en los parámetros más importantes: Factor de luz de día e Iluminancia horizontal. El rubro de Luminancia absoluta no tuvo una alta calificación, sin embargo, es el patrón y porcentaje de vano-macizo, más adecuado para el aula objeto de estudio. Incluso en la interpretación final, la hoja de cálculo la califica como a que tiene una “Buena calidad en iluminación natural”. A pesar de esto, es importante identificar las áreas de oportunidad que pueden mejorarse.

PROPORCIÓN VANO-MURO

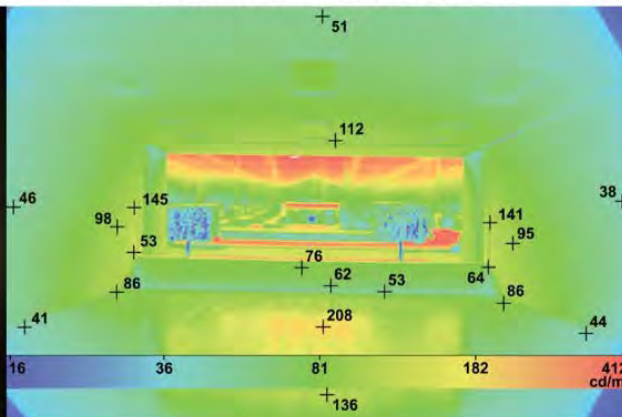
80% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES									
AULA:	F004								
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO								
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	80%								
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN		PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	4.19		OBSCURO		25	18	
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	259.8725		DEMASIADO OBSCURO		25	18	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.56		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA		5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	85.95		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES		25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA		N/A	1	:	3.07	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES		10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES		10	10
						CALIFICACIÓN		100	73
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL									

La lógica pareciera indicar que siendo el vano más amplio que el anterior, debería tener mejores características lumínicas. Sin embargo, y como podemos observar, la calificación, en comparación del vano anterior bajó, y sólo llegó a 73 puntos. Los rubros de Factor de luz de día, Iluminancia horizontal, e incluso los Radios de luminancia, bajaron sus puntajes.

PROPORCIÓN VANO-MURO

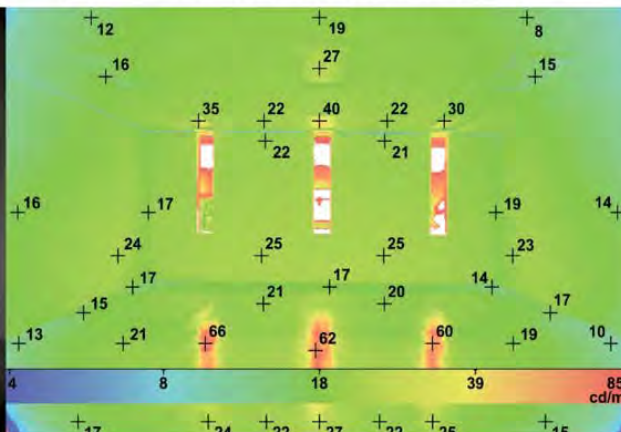
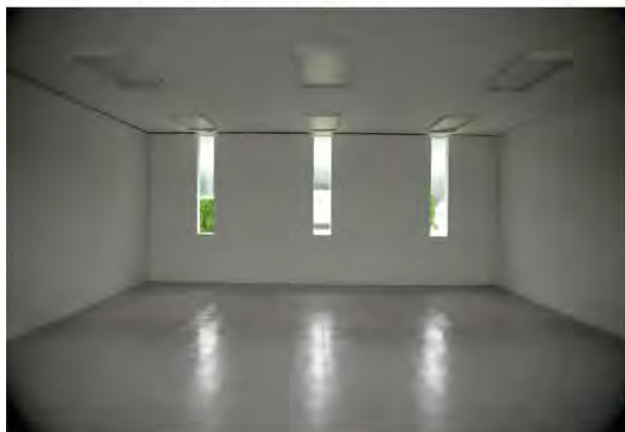
10% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	10%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.50		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	85.7475		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	2.02		ILUMINACIÓN 3D BALANCEADA	5	5	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	25.57		DEMASIADO OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.19	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					</		

Al igual que en los demás vanos del mismo porcentaje, la iluminación con este tipo de patrón vertical es mala, según la hoja de cálculo. Se obtuvieron únicamente 40 puntos de 100 posibles. Todos los parámetros son áreas de oportunidad, a excepción del de Áreas de luz solar directa.

PROPORCIÓN VANO-MURO

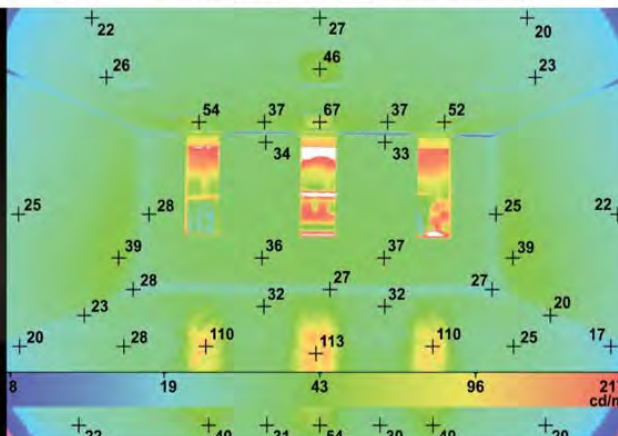
20% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	20%						
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	1.95		DEMASIADO OBSCURO	25	8
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	113.35		DEMASIADO OBSCURO	25	8
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.56		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	38.84		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15
RADIOS DE LUMINANCIA		N/A	1	: 2.93	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	55
REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

Es curioso que a pesar de no ser un patrón muy favorecido, por los altos contrastes de iluminación, éste vano-macizo está calificado mejor aún que aquel con el patrón de arriba abajo. Aquí se obtuvo una calificación global de 55 puntos, por lo que la calidad en iluminación natural, puede considerarse como regular.

PROPORCIÓN VANO-MURO

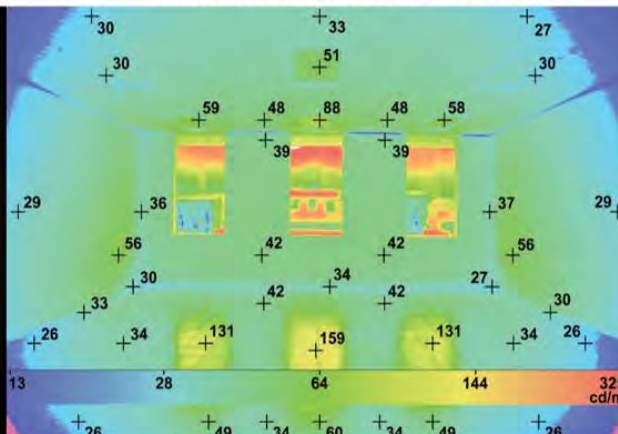
30% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	30%						
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	2.37		OBSCURO	25	10
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	137.85		DEMASIADO OBSCURO	25	10
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.57		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	48.95		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15
RADIOS DE LUMINANCIA		N/A	1	: 2.86	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	59
REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

La calidad en iluminación natural sigue siendo regular, y la calificación que se obtuvo fue de 59. En este caso los rubros de Factor de luz de día, y de Iluminancia horizontal hicieron la diferencia en comparación con el vano anterior, al subir dos puntos en cada uno de ellos. Existen aún áreas de oportunidad, sin embargo el comportamiento de este tipo de patrones sigue siendo sorprendentemente muy similar (incluso mejor) que el del patrón de arriba abajo.

PROPORCIÓN VANO-MURO

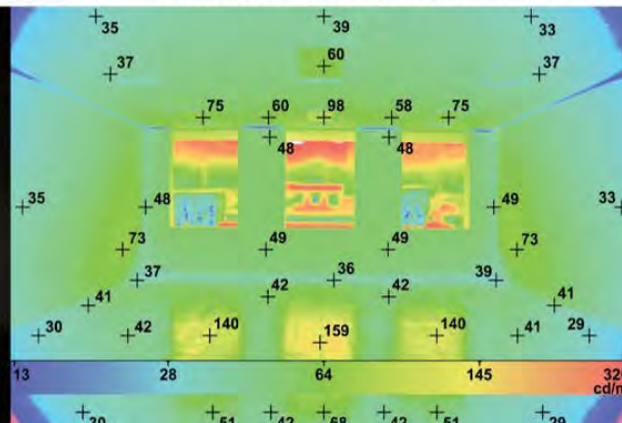
40% de Área Acrystalada

AULA F004

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	40%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.86		OBSCURO	25	12	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	171.05		DEMASIADO OBSCURO	25	12	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.58		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	54.89		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.72	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	63
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

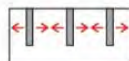
Este caso ya llega a una aceptable calidad en iluminación natural. Siguen subiendo los puntajes de Factor de luz de día, e iluminancia horizontal. La calificación global fue de 63, y los parámetros siguen demostrando que aún existen áreas de oportunidad que pueden mejorarse, a excepción del rubro de Áreas de luz solar directa, que sigue obteniendo 10 puntos de 10 posibles.

PROPORCIÓN VANO-MURO

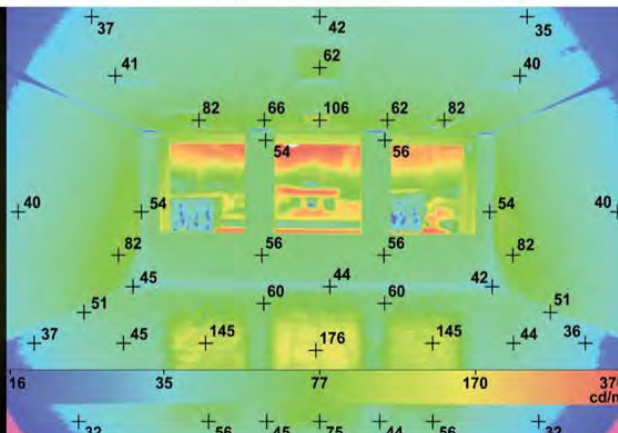
50% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	50%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	3.26		OBSCURO	25	14	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	196.45		DEMASIADO OBSCURO	25	14	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.57		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	64.53		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.61	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	67
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

Sigue siendo aceptable la calidad en iluminación natural. El puntaje global es de 67, y siguen subiendo las calificaciones de los parámetros de Factor de luz de día, e iluminancia horizontal. Sigue siendo un local oscuro, sin embargo posee una transición suave entre dos superficies, y la iluminación 3D sigue estando desbalanceada, pero acercándose al máximo puntaje posible en ésta área.

PROPORCIÓN VANO-MURO

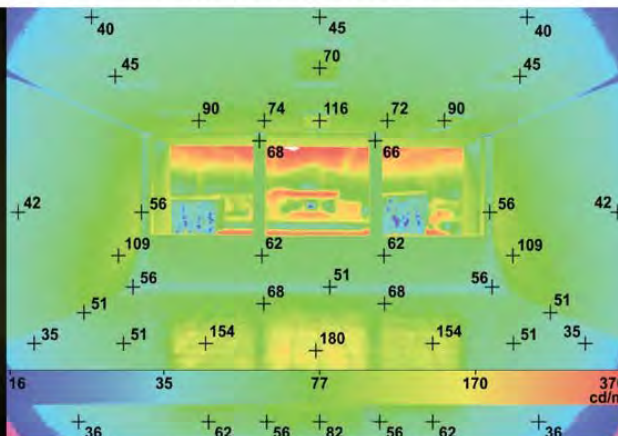
60% de Área Acristalada

AULA F004

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F004						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	60%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	3.68		OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	223.8		DEMASIADO OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.53		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	73.76		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.87	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	71
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

Al igual que en el vano anterior, la calidad sigue siendo aceptable. El puntaje fue de 71, y las áreas de oportunidad se dan en la mayoría de los rubros, excepto del de Radios de luminancia y Áreas de luz solar directa. Sigue considerándose un local oscuro, pero igualando el puntaje del patrón de arriba abajo, del mismo porcentaje.

Resultados del aula F004

Los resultados del análisis de calidad en iluminación natural, se resumen en la siguiente tabla:

		F004						
		FD	EH	EVH	LA	RL	ALSD	
DE ARRIBA ABAJO	10%	6	6	4	5	10	10	41
	20%	6	8	3	5	10	10	42
	30%	8	8	4	5	10	10	45
	40%	10	10	4	15	10	10	59
	50%	12	12	4	15	10	10	63
	60%	16	16	4	15	10	10	71
	70%	20	25	4	15	10	10	84
	80%	18	18	4	15	8	10	73
DEL CENTRO	10%	8	10	3	15	8	10	54
	20%	12	12	3	15	8	10	60
	30%	14	14	4	15	10	10	67
	40%	16	16	4	15	10	10	71
	50%	16	16	3	15	10	10	70
	60%	18	18	2	15	10	10	73
	70%	18	18	3	15	10	10	74
	80%	18	18	3	15	10	10	74
VERTICAL	10%	6	6	5	5	8	10	40
	20%	8	8	4	15	10	10	55
	30%	10	10	4	15	10	10	59
	40%	12	12	4	15	10	10	63
	50%	14	14	4	15	10	10	67
	60%	16	16	4	15	10	10	71

NOMENCLATURA	
FD	Factor de luz de día
EH	Iluminancia horizontal
EVH	Iluminancia vertical a horizontal
LA	Luminancia absoluta
RL	Ratio de luminancia
ALSD	Áreas de luz solar directa

Tabla 14. Resultado del análisis de calidad en aula F004.

Por lo que podemos concluir que el vano que mejor se adapta al espacio analizado es aquel con el **patrón de arriba abajo**, y con un porcentaje de **vano-macizo del 70%**, ya que la calificación general fue de 84, que está 10 puntos por encima del segundo mejor puntaje que es de 74 (ambos con el patrón del centro, y porcentajes del 70 y 80% de vano-muro respectivamente)

El mismo procedimiento se aplicará para evaluar el aula F205. A continuación se detallan los resultados hechos con la hoja de cálculo.

PROPORCIÓN VANO-MURO

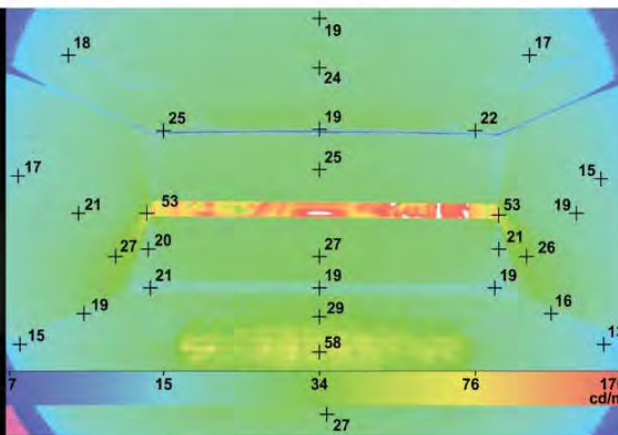
10% de Área Acrystalada

AULA F205

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	10%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.20		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	111.45		DEMASIADO OSCURO	25	8	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.52		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	24.57		DEMASIADO OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.73	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	43
				MALA CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL			

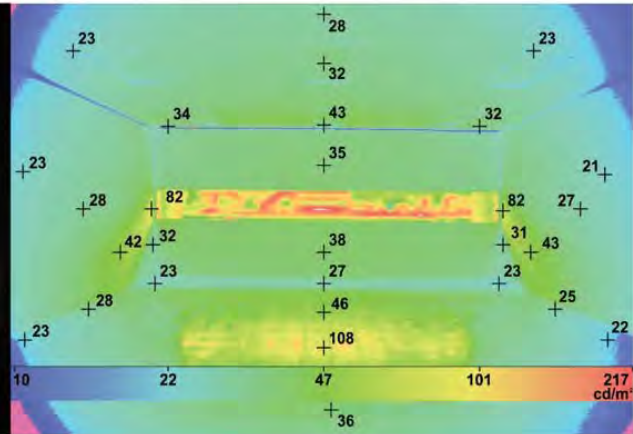
Como podemos observar, el 10% de proporción vano-muro en este patrón, resulta con una mala calidad en iluminación natural. Al igual que con en aula F004, los únicos parámetros que arrojan un buen puntaje, son los de Radios de luminancia, y Áreas de luz solar directa. Aunque sigue teniendo una iluminación 3D desbalanceada, la calificación obtenida en este rubro, es de 4 de 5 puntos posibles. Sin embargo, todos los demás parámetros se convierten en áreas de oportunidad.

AULA F205

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	20%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN		PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.78		DEMASIADO OSCURO		25	8
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	153.685		DEMASIADO OSCURO		25	12
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.57		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA		5	4
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	37.03		OSCURO PARA MUROS VERTICALES		25	15
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.07	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES		1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	57
					REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

En este caso, la calificación final fue de 57, suficiente como para subir de tener una mala calidad en iluminación natural con el vano del 10%, a una regular calidad en iluminación natural, con este porcentaje de área acristalada. El local sigue siendo demasiado oscuro, además, podemos ver que en el caso del aula F004, tiene una gran influencia el entorno inmediato. Al igual que en el vano anterior, la iluminación 3D sigue estando desbalanceada, sin embargo está muy cercana a los 5 puntos posibles en este rubro. Los parámetros principales (Factor de luz de día, Iluminancia horizontal y luminancia absoluta) siguen estando muy por debajo de los 25 puntos posibles en estos rubros, con 8, 12 y 15 puntos respectivamente.

PROPORCIÓN VANO-MURO

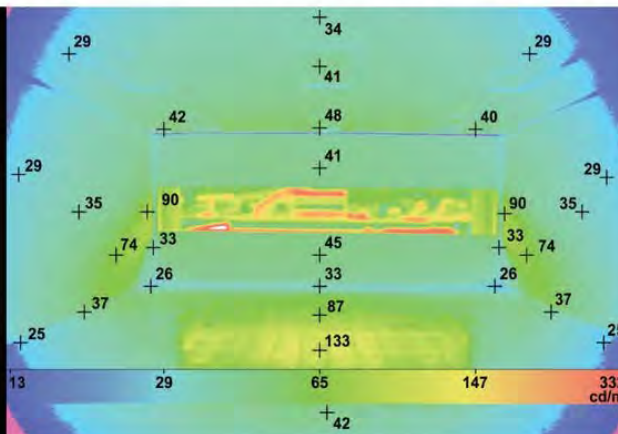
30% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	30%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.07		OBSCURO	25	10	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	177.1925		DEMASIADO OBSCURO	25	12	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.61		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	46.77		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.86	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	61
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

En este caso, y a pesar de que el local sigue estando oscuro, el puntaje de 61, nos indica que la calidad en iluminación natural es aceptable. Los parámetros más importantes (Factor de luz de día, Iluminancia horizontal y Luminancia absoluta), siguen estando muy por debajo de la calificación más alta, con 10, 12 y 15 puntos respectivamente. La iluminación 3d sigue estando desbalanceada, aunque con 4 de 5 puntos posibles. Los radios e luminancia y las áreas de luz solar directas continúan siendo los rubros mejor calificados.

PROPORCIÓN VANO-MURO

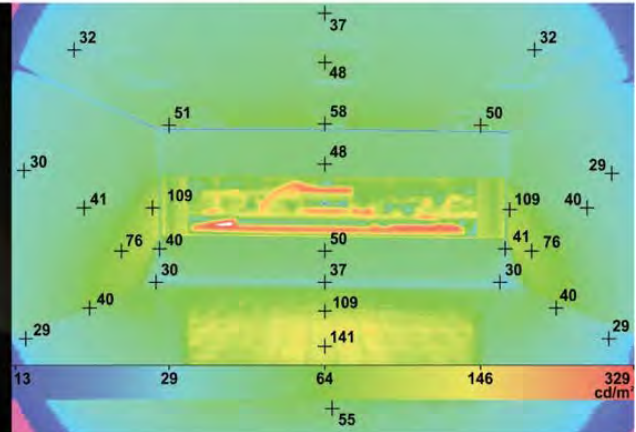
40% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	40%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.39		OBSCURO	25	10	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	204.62		DEMASIADO OBSCURO	25	14	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.62		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	53.53		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.02	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	61
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

La proporción del 40% en este patrón, arroja una calificación idéntica al anterior. A pesar de que en el rubro de Iluminancia horizontal subió dos puntos, en el área de Radios de luminancia, bajó la misma cantidad, siendo la transición simplemente aceptable entre superficies adyacentes, pero no mejor que el vano anterior. Los parámetros más importantes y que ya se han mencionado anteriormente siguen estando muy por debajo del puntaje más alto (25 puntos).

PROPORCIÓN VANO-MURO

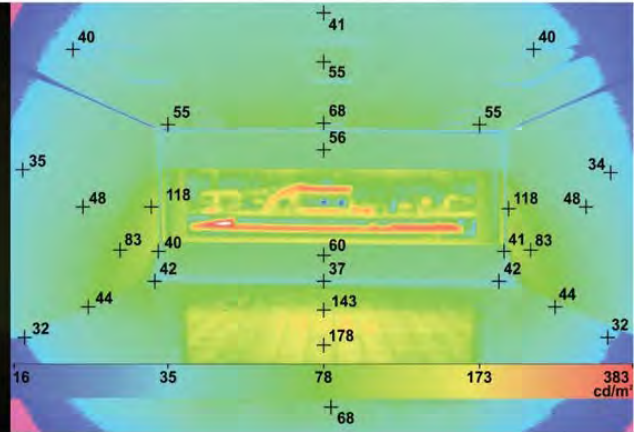
50% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	50%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.54		OBSCURO	25	12	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	215.325		DEMASIADO OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.61		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	62.13		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.04	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	65
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

A pesar de seguir teniendo una calidad en iluminación natural aceptable, la calificación global sube 4 puntos. Poco a poco van aumentando los puntajes de los parámetros más importantes, aunque están aún muy lejos de obtener el puntaje máximo. Nuevamente los Radios de luminancia se ubicaron en los 8 puntos, mientras que la iluminación 3D, continúan obteniendo un valor de 4, por lo que sigue estando desbalanceada. Todos los demás parámetros, con excepción del de Áreas de luz solar directa, siguen siendo áreas de oportunidad para la mejora.

PROPORCIÓN VANO-MURO

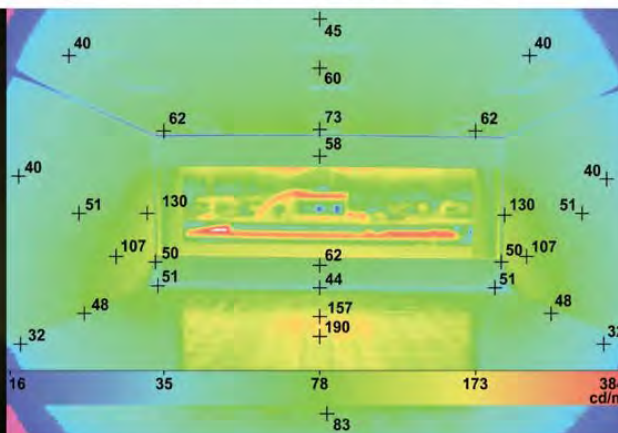
60% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	60%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.44		OBSCURO	25	10	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	213.5025		DEMASIADO OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.95		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	69.40		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.07	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	63
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

En comparación con el vano anterior, la proporción del 60% bajó dos puntos su calificación global, aunque sigue siendo aceptable en cuanto a calidad (63 puntos). El local continua siendo muy oscuro, y los parámetros indican que la gran mayoría de ellos son áreas de oportunidad para la mejora, con excepción del rubro de Áreas de luz solar directa, que obtuvo el máximo puntaje, debido a que es muy difícil que el aula sufra de entrada de luz directa, ya que está orientado hacia el norte.

PROPORCIÓN VANO-MURO

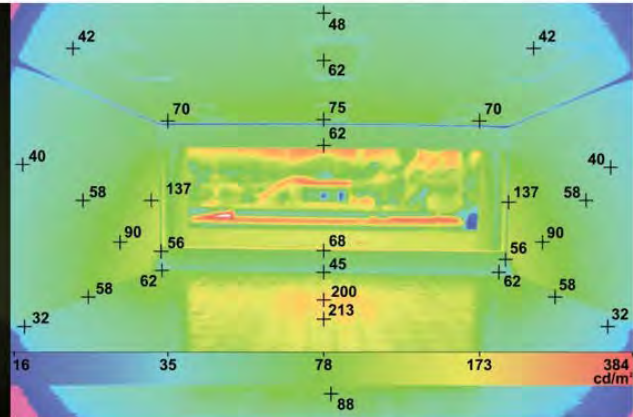
70% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES								
AULA:	F205							
PATRÓN:	DEL CENTRO							
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	70%							
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	2.75		OBSCURO	25	12	
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	227.75		DEMASIADO OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.61		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	74.97		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LU MINANCIA		N/A	1	:	3.28	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES	10	10
						CALIFICACIÓN	100	65
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL			

Nuevamente subió dos puntos con respecto al vano anterior, pero se ubicó con una misma calificación que la proporción del 50%. Aunque los valores son un poco más altos, por el criterio de evaluación, sigue siendo una aceptable calidad en iluminación natural.

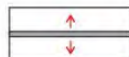
Los parámetros más importantes siguen estando muy por debajo de la calificación mas alta. Mientras que algunos (como la Iluminancia vertical a horizontal, y los Radios de luminancia) se acercan a sus puntajes más altos.

PROPORCIÓN VANO-MURO

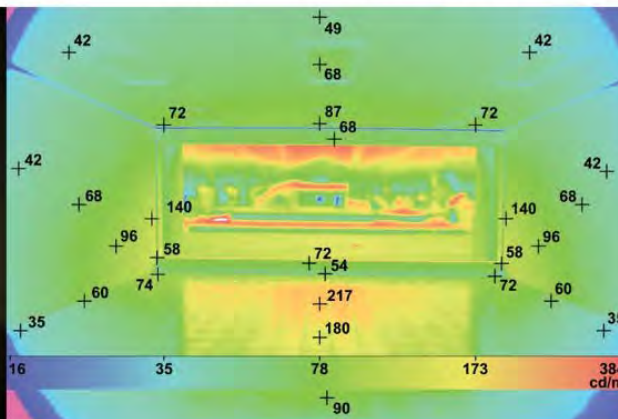
80% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 1: A partir del centro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DEL CENTRO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	80%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN		PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.85		OBSCURO		25	12
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	235.375		DEMASIADO OBSCURO		25	16
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.66		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA		5	4
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	78.73		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES		25	15
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.20	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	65
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

En este caso, se obtuvo una calificación idéntica a la proporción anterior (65 puntos), de hecho, todos los rubros arrojaron resultados idénticos, por lo que no hace ninguna diferencia con el 70% de área acristalada. Sigue estando muy oscuro para las actividades que se requieren realizar dentro del aula, por lo que en general es un área de oportunidad para mejora, aunque en términos de calidad en iluminación natural, es simplemente aceptable.

PROPORCIÓN VANO-MURO

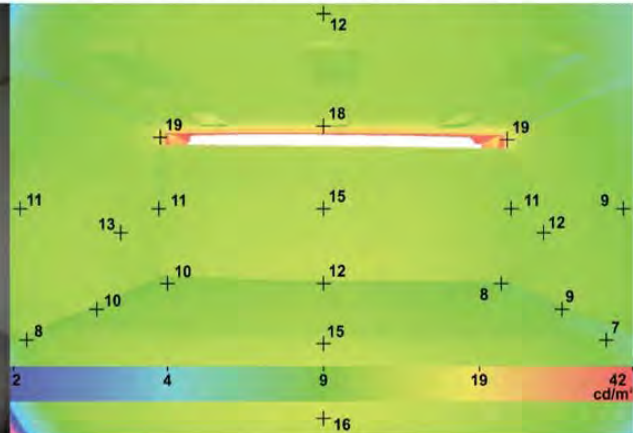
10% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES								
AULA:	F205							
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO							
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	10%							
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	0.89		DEMASIADO OSCURO	25	4	
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	77.47		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.78		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	12.38		DEMASIADO OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5	
RADIOS DE LUMINANCIA		N/A	1	:	1.72	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
				</				

Nuevamente, la calificación global es muy baja, ya que la entrada de luz es muy escasa. Con apenas 39 puntos, esta proporción de vano, no es nada recomendable, y se refleja claramente en la hoja de cálculo: en Factor de luz de día, se obtuvieron sólo 4 de 25 puntos posibles; en Iluminancia horizontal, 6 de 25, y en Luminancia absoluta, sólo 5 de 25. Sin embargo, tiene una buena transición entre dos superficies (10 puntos de 10 posibles), lo cual es entendible por la escasa iluminación que entra al interior del aula, y no tiene problemas con las áreas de luz solar directa.

La conclusión para este vano, es que la calidad en iluminación natural es mala.

PROPORCIÓN VANO-MURO

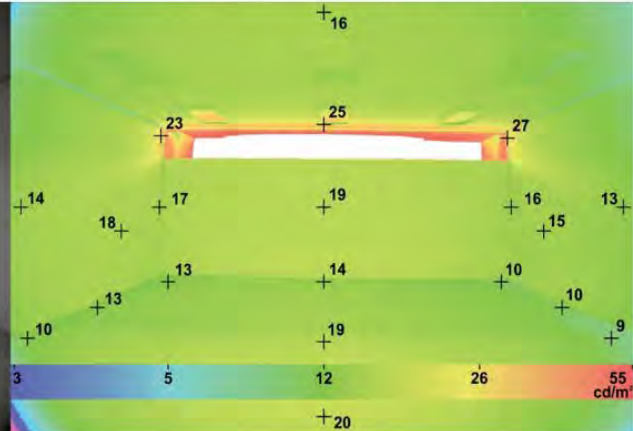
20% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	20%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	0.90		DEMASIADO OSCURO	25	4	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	80.135		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.39		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	3	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m²	16.19		DEMASIADO OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	1.70	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	38
MALA CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

Aún continúa teniendo una mala calidad en iluminación natural, y peor aún, bajó un punto con respecto al parámetro anterior, debido a que la iluminación 3D está un poco más desbalanceada que la proporción anterior. La calificación final fue de sólo 38 puntos, lo que se traduciría en un gasto energético mayor, al necesitar utilizar equipos de energía eléctrica para proporcionar la iluminación adecuada para las tareas visuales requeridas dentro del aula.

PROPORCIÓN VANO-MURO

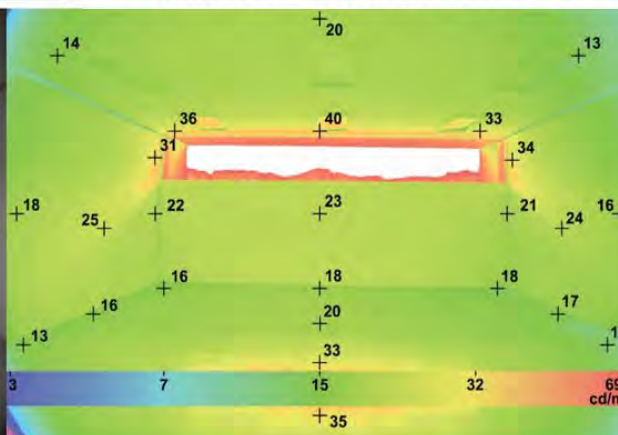
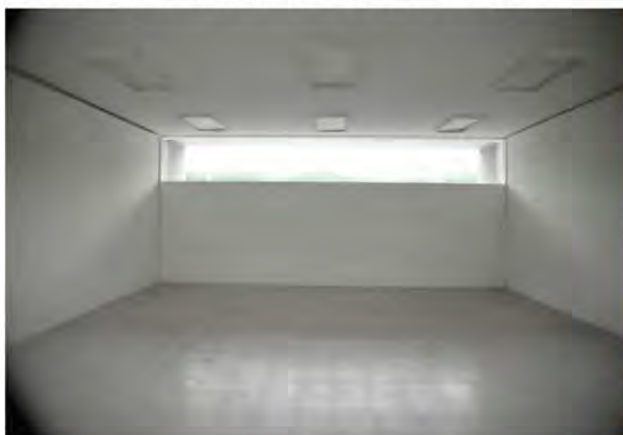
30% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	30%						
INDICADOR		UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA		%	1.08		DEMASIADO OSCURO	25	6
ILUMINANCIA HORIZONTAL		LUX	94.58		DEMASIADO OSCURO	25	8
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL		N/A	1.70		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4
LUMINANCIA ABSOLUTA		cd/m2	23.16		DEMASIADO OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5
RADIOS DE LUMINANCIA		N/A	1	: 2.22	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA		N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	43
MALA CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

La calificación global fue de 43 puntos, por lo que la calidad en iluminación natural aún es mala, y sigue siendo un área de oportunidad a la mejora. El local sigue siendo demasiado oscuro, aunque como vimos en cuanto a puntaje general subió considerablemente en comparación con la proporción anterior. La iluminación 3D está ubicada en 4 de 5 puntos posibles, por lo que está muy cercana al puntaje máximo.

Al igual que en otras proporciones de muro, tanto los Radios de luminancia como las áreas de luz solar directa, no presentan problemas.

PROPORCIÓN VANO-MURO

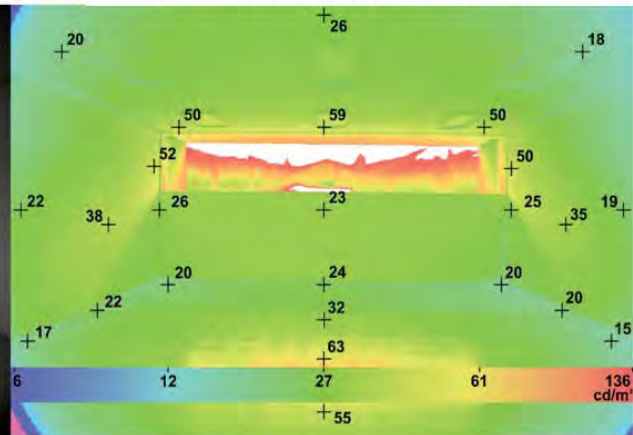
40% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	40%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN		PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.39		DEMASIADO OSCURO		25	6
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	118.7325		DEMASIADO OSCURO		25	8
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.75		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA		5	4
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	31.67		OSCURO PARA MUROS VERTICALES		25	15
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.69	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	53
REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

El puntaje de 53, indica que la iluminación ya no es mala, pero tampoco aceptable. Es una calidad regular, debido a que aún existen varios parámetros que siguen siendo calificados muy bajos por la hoja de cálculo. El local sigue siendo demasiado oscuro, y sólo los parámetros de Radios de luminancia y de Áreas de luz solar directa, no presentan problemas. La iluminación 3D sigue estando desbalanceada, aunque cercana al puntaje máximo (4 de 5 puntos).

PROPORCIÓN VANO-MURO

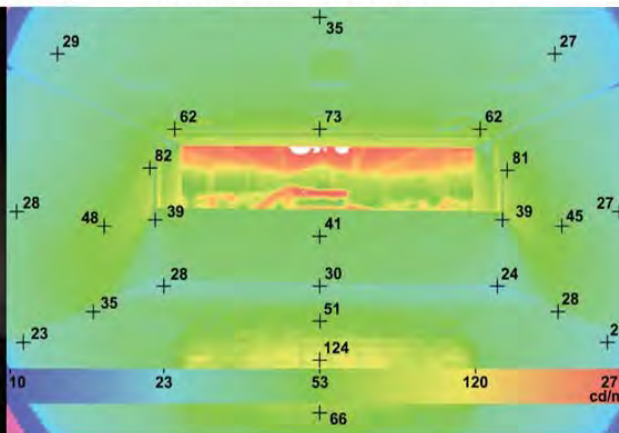
50% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado

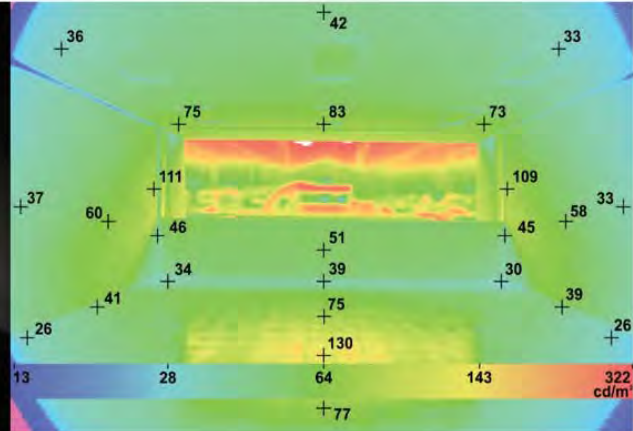


DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	50%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.79		DEMASIADO OSCURO	25	8	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	153.3875		DEMASIADO OSCURO	25	12	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.71		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m ²	46.30		OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.00	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES		1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	57
REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

Aunque sigue siendo regular en términos de calidad en iluminación natural, a diferencia del vano anterior, la proporción del 50% se ubica en los 57 puntos (4 puntos más arriba que el vano del 40%). Sin embargo, los parámetros más importantes siguen estando muy por debajo de la calificación máxima. En este caso, incluso los Radios de luminancia sólo obtuvieron 8 de 10 puntos posibles. Área de oportunidad para la mejora.

AULA F205

A diagram of a rectangular container. A red arrow points downwards from the center of the top surface, representing the pressure exerted by the liquid on the container's base.



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	60%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN		PONDERACIÓN	PUNTAJE
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.21		OBSCURO		25	10
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	193.375		DEMASIADO OBSCURO		25	14
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.96		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA		5	4
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	56.89		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES		25	15
RADIOS DE LU MINANCIA	N/A	1	: 2.96	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES		10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES		10	10
				CALIFICACIÓN		100	63
				ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL			

La calificación global de esta proporción de vano-muro fue de 63 puntos.

PROPORCIÓN VANO-MURO

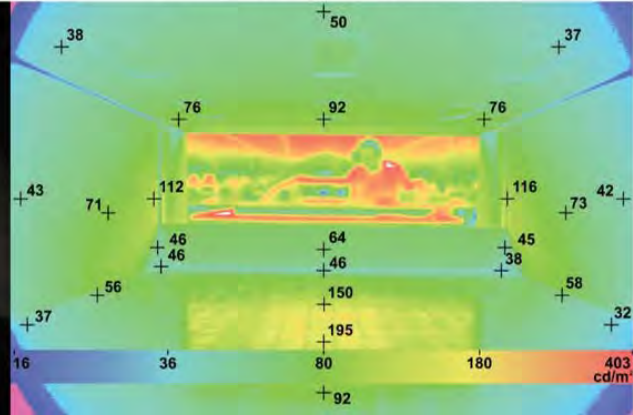
70% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	70%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.26		OBSCURO	25	10	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	235.4275		DEMASIADO OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.64		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	70.04		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.99	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	65
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

La calificación de 65 puntos, se traduce en una aceptable calidad en iluminación natural, aunque para nada la ideal. Los parámetros principales siguen estando muy bajos, y los que generalmente son bien calificados, no hacen gran diferencia debido a la ponderación de cada parámetro. El local continúa siendo muy oscuro, sin embargo, esto se vuelve un área de oportunidad para mejora.

PROPORCIÓN VANO-MURO

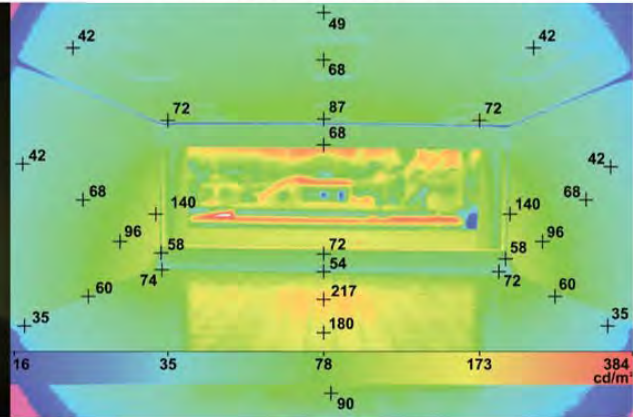
80% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	DE ARRIBA ABAJO						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	80%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.64		OBSCURO	25	12	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	236.2075		DEMASIADO OBSCURO	25	16	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.72		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	77.41		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	3.30	TRANSICIÓN ACEPTABLE ENTRE SUPERFICIES ADYACENTES	10	8
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10	
					CALIFICACIÓN	100	65
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

A pesar de tener una mayor proporción de ventana, en comparación con el vano anterior, los puntajes generales son idénticos. Sigue siendo un local oscuro y con capacidad de mejora, pero la iluminación es aceptable. El factor de luz de día mejoró, pero bajó el puntaje en los Radios de luminancia. El único parámetro que no tiene dificultades es el de Áreas de luz solar directa.

La calificación global para esta proporción fue de 65 puntos, lo que se traduce en una aceptable calidad en iluminación natural.

PROPORCIÓN VANO-MURO

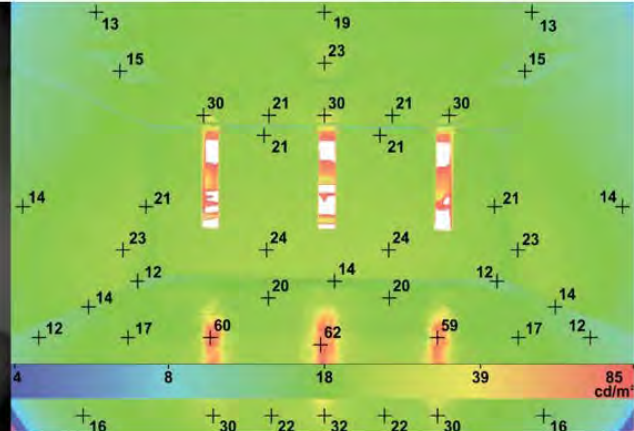
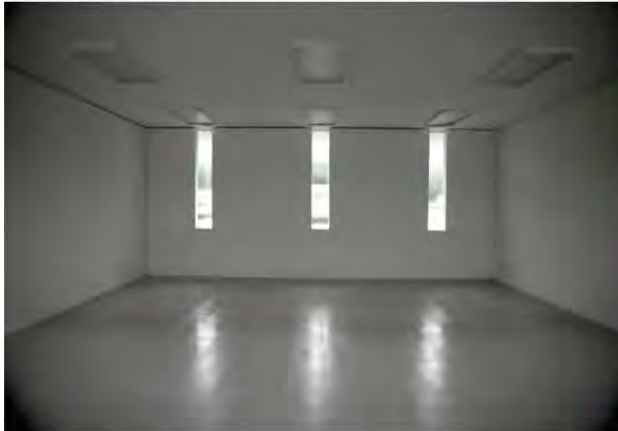
10% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	10%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.00		DEMASIADO OSCURO	25	4	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	83.135		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	2.03		ILUMINACIÓN 3D BALANCEADA	5	5	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	23.47		DEMASIADO OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	5	
RADIOS DE LU MINANCIA	N/A	1	:	2.38	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES		1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	40
					MALA CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

En esta proporción de vano-muro, el puntaje es bajo, aunque sorprendentemente es más alto que el patrón de arriba abajo, comparando los mismos porcentajes de vano. La calificación global fue de 40 puntos, que se traduce en una mala calidad en iluminación natural. La mayoría de los parámetros son muy bajos, salvo en los de Radios de luminancia, y Áreas de luz solar directa, que por lo general tienen puntajes muy altos.

PROPORCIÓN VANO-MURO

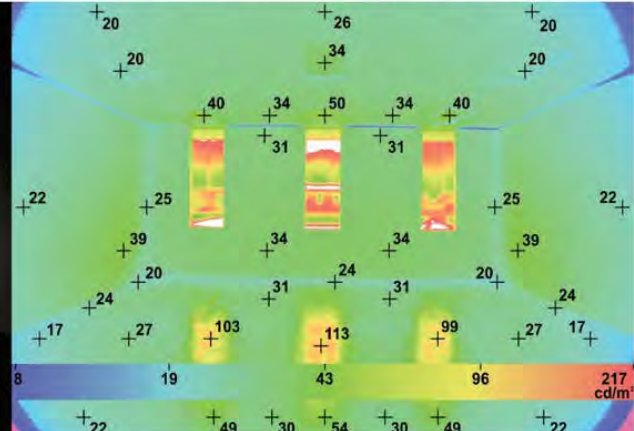
20% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	20%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.27		DEMASIADO OSCURO	25	6	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	106.825		DEMASIADO OSCURO	25	8	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.60		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	35.79		OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	: 2.76	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10	
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10	

La calidad en iluminación natural es regular, al haber obtenido sólo 53 puntos. Esto iguala a la proporción con el mismo porcentaje del patrón que parte del centro del muro, y mejora el desempeño del de arriba abajo. Aún existen áreas de mejora, aunque los dos parámetros de siempre (Radios de luminancia y Áreas de luz solar directa) siguen siendo bien calificados.

PROPORCIÓN VANO-MURO

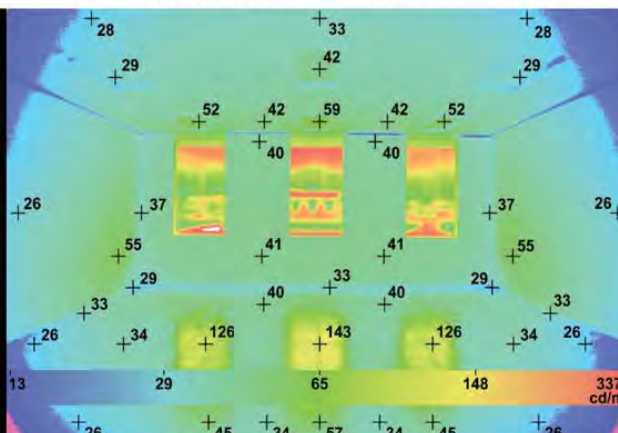
30% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	30%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.57		DEMASIADO OSCURO	25	8	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	133.5525		DEMASIADO OSCURO	25	10	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.66		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	45.97		OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	: 2.57	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10	
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10	
				CALIFICACIÓN	100	57	
				REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL			

La calidad en iluminación natural continúa siendo regular, siendo el puntaje global igual a 57. Sigue siendo un local demasiado oscuro, sin embargo tiene un mejor desempeño que el patrón de arriba abajo.

Los parámetros principales siguen estando muy por debajo de los 25 puntos posibles, por lo que aún hay áreas de oportunidad para la mejora.

PROPORCIÓN VANO-MURO

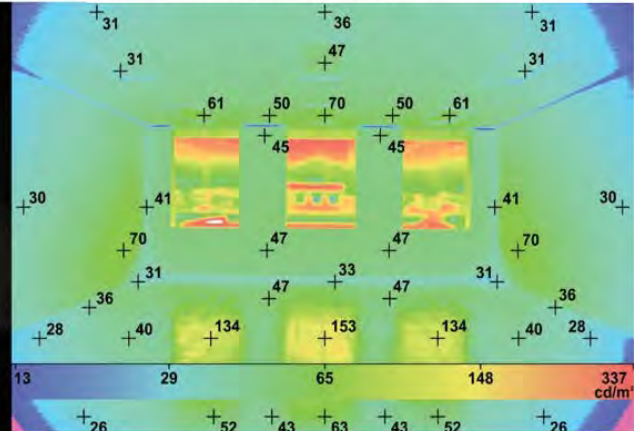
40% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	40%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	1.79		DEMASIADO OSCURO	25	8	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	154.25		DEMASIADO OSCURO	25	12	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.62		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	52.95		OSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LU MINANCIA	N/A	1	:	2.69	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	59
					REGULAR CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

En este caso se obtuvo un puntaje de 59, lo que se traduce en una regular calidad en iluminación natural. Continúa siendo un local demasiado oscuro y con áreas de oportunidad para la mejora. De hecho sólo subió dos puntos con respecto a la proporción anterior. Sin embargo, la diferencia es palpable en el rubro de Iluminancia horizontal.

En porcentajes similares, es más bajo que el patrón que parte del centro del muro, pero mayor que aquel de arriba abajo.

PROPORCIÓN VANO-MURO

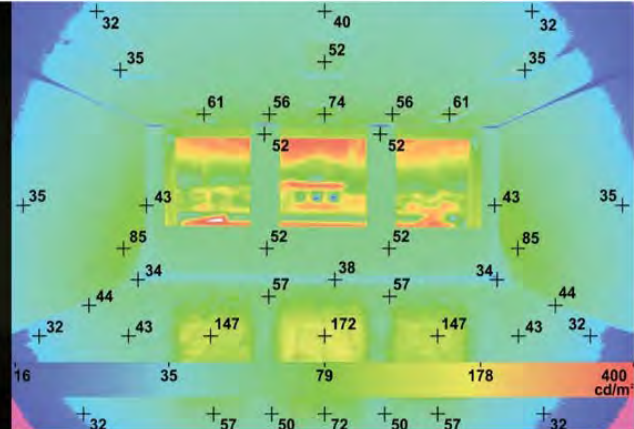
50% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	50%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.08		OBSCURO	25	10	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	181.2		DEMASIADO OBSCURO	25	14	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.70		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	59.18		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.71	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	:	1-10%	SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	63
ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL							

La calidad en iluminación natural es aceptable y con una calificación global de 63 puntos. El local sigue siendo oscuro, y con sus parámetros principales (Factor de luz de día, Iluminancia horizontal y Luminancia absoluta) muy bajos con 10, 14 y 15 puntos respectivamente. La Iluminancia vertical a horizontal se acerca a la calificación máxima, pero al tener una ponderación de 5 puntos únicamente, se vuelve un parámetro que no hace gran diferencia a la hora de sacar la calificación final.

PROPORCIÓN VANO-MURO

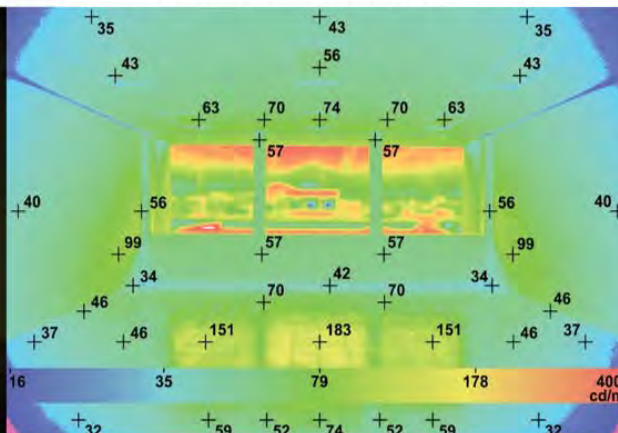
60% de Área Acristalada

AULA F205

Patrón 3: En franjas verticales



Condición de cielo: Nublado



DATOS GENERALES							
AULA:	F205						
PATRÓN:	VERTICAL						
PORCENTAJE DE VANO-MURO:	60%						
INDICADOR	UNIDAD	VALOR		INTERPRETACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTAJE	
FACTOR DE LUZ DE DÍA	%	2.37		OBSCURO	25	10	
ILUMINANCIA HORIZONTAL	LUX	208.775		DEMASIADO OBSCURO	25	14	
ILUMINANCIA VERTICAL A HORIZONTAL	N/A	1.68		ILUMINACIÓN 3D DESBALANCEADA	5	4	
LUMINANCIA ABSOLUTA	cd/m2	66.47		OBSCURO PARA MUROS VERTICALES	25	15	
RADIOS DE LUMINANCIA	N/A	1	:	2.69	TRANSICIÓN SUAVE ENTRE DOS SUPERFICIES	10	10
ÁREAS DE LUZ SOLAR DIRECTA	N/A	INEXISTENTES	1-10%		SIN DIFICULTADES	10	10
					CALIFICACIÓN	100	63
					ACEPTABLE CALIDAD EN ILUMINACIÓN NATURAL		

En comparación con el vano anterior, la calificación global de esta proporción es idéntica (63 puntos). De hecho, y a pesar de presentar valores diferentes, el puntaje de cada uno de los rubros es igual al de la proporción del 50%.

La calidad en iluminación natural de este local es aceptable, sin embargo la mayoría de los parámetros presenta áreas de oportunidad para la mejora.

Resultados del aula F205

Los resultados del análisis de calidad en iluminación natural, se resumen en la siguiente tabla:

		F205						
		FD	EH	EVH	LA	RL	ALSD	
DE ARRIBA ABAJO	10%	4	6	4	5	10	10	39
	20%	4	6	3	5	10	10	38
	30%	6	8	4	5	10	10	43
	40%	6	8	4	15	10	10	53
	50%	8	12	4	15	8	10	57
	60%	10	14	4	15	10	10	63
	70%	10	16	4	15	10	10	65
	80%	12	16	4	15	8	10	65
DEL CENTRO	10%	6	8	5	4	10	10	43
	20%	8	12	4	15	8	10	57
	30%	10	12	4	15	10	10	61
	40%	10	14	4	15	8	10	61
	50%	12	16	4	15	8	10	65
	60%	10	16	4	15	8	10	63
	70%	12	16	4	15	8	10	65
	80%	12	16	4	15	8	10	65
VERTICAL	10%	4	6	5	5	10	10	40
	20%	6	8	4	15	10	10	53
	30%	8	10	4	15	10	10	57
	40%	8	12	4	15	10	10	59
	50%	10	14	4	15	10	10	63
	60%	10	14	4	15	10	10	63

NOMENCLATURA	
FD	Factor de luz de día
EH	Iluminancia horizontal
EVH	Iluminancia vertical a horizontal
LA	Luminancia absoluta
RL	Ratio de luminancia
ALSD	Áreas de luz solar directa

Tabla 15. Resultado de análisis de calidad del aula F205

Por lo que podemos concluir que existen varios vanos que mejor se adaptan al espacio analizado y son en principio el **patrón de arriba abajo**, y con un porcentaje de **vano-macizo del 70% y 80%**, ya que la calificación general en ambos casos fue de 65 puntos.

Mismo puntaje obtuvieron los porcentajes de vano-macizo del 70% y 80% pero del patrón que parte del centro del muro hacia afuera.

7.6.3. Resultados finales

1) En general, el patrón con los vanos que parten del centro del muro hacia afuera, es el que mejores calificaciones presenta en la mayoría de las proporciones. Sin embargo, la mejor calificada en el caso del aula F004, fue la proporción del 70% con el patrón de arriba abajo. Sin embargo, en otros porcentajes de vano, este patrón mostró no ser tan eficiente en su desempeño lumínico natural.

2) En cuanto al aula F205, existen 4 proporciones de ventana que obtuvieron el mismo puntaje: Patrón arriba abajo, con vanos del 70 y 80%, y patrón a partir del centro, también con vanos del 70 y 80%. Pareciera que los puntajes en esta aula se estancan y que ya no existe cabida para una mejora. Este aparente estancamiento, se debe a diferentes razones: la primera es que la transmitancia del cristal es de únicamente 45%. Aparte, el factor de mantenimiento influye debido al polvo que se ha ido acumulando en la cámara de aire del doble acristalamiento. También influye su lejanía con el entorno inmediato, y una malla que se colocó en los aleros del aula, con el fin de evitar que las aves se estrellen contra los cristales

3) Sorpresivamente, los vanos verticales, también aportan una excelente distribución de luz al interior, y con mejores niveles lumínicos que aquellos dados por el patrón en el que se ubica el vano en la parte superior del muro, pero en vanos por debajo del 50%, ya que como vimos anteriormente los que presentaron mejor desempeño en cuanto a iluminación natural se refiere fueron las proporciones del 70 y 80% tanto en el patrón de arriba abajo, como en el del centro.

4) Los vanos horizontales con el patrón en el que se parte desde el centro del muro hacia los extremos, es el que aporta menor calidad lumínica al interior. Si bien es cierto que en la mayoría de las veces, es el que más cantidad de luz permite, el contraste y el deslumbramiento son objeto de preocupación al utilizar éste patrón.

5) Adquieren un protagonismo importante todos los parámetros que determinan la calidad en iluminación natural, ya que a pesar de que no todos están ponderados de manera equitativa, es evidente que influyen de manera determinante en la calificación final de cada prueba.

CONCLUSIONES

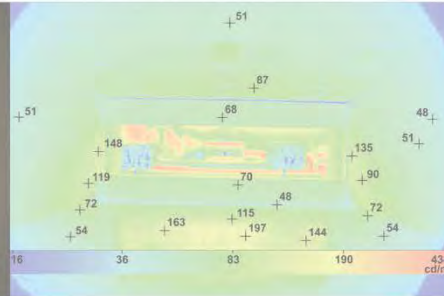
PROPORCIÓN VANO-MURO
50% de Área Acrystalada

AULA F004

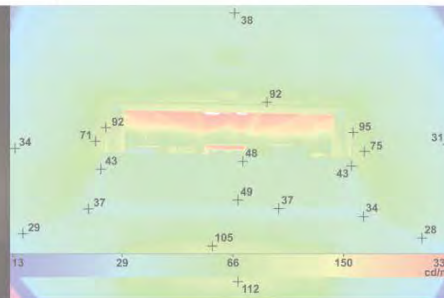
Patrón 1: A partir del centro



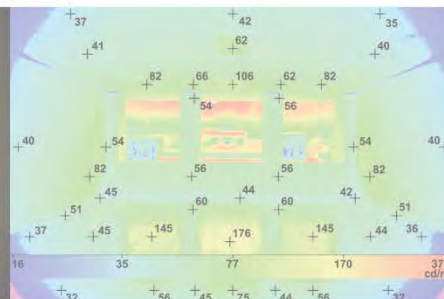
Condición de cielo: Nublado



Patrón 2: Desde la parte superior del muro



Patrón 3: En franjas verticales



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No creo que la arquitectura tenga que hablar demasiado. Debería permanecer en silencio, y preservar la naturaleza en el aspecto de luz natural y viento.

Tadao Ando (Plus l'architecture, 2015)

La proporción vano-muro es de vital importancia para la iluminación de los espacios interiores en aulas escolares. Cabe mencionar que el viejo mito de que una buena iluminación junto con una vista agradable hacia el exterior, de ninguna manera representa una desventaja para las actividades que se realizan dentro del aula, sino que, basado en los estudios antes mencionados, brindan una serie de ventajas, aumentando de esta manera el desempeño de los alumnos.

La configuración de los vanos en un edificio, conlleva diferentes características lumínicas que, según lo que se requiera, y según las actividades que se realicen dentro del espacio. Se deberá elegir cuidadosamente la forma y el tamaño del (los) vano(s) que se proyecten en la fachada, tomando en cuenta las características físicas y espaciales del espacio a iluminar.

Es recomendable tomar en cuenta la configuración y características tanto de los vanos como del espacio, desde la etapa de anteproyecto, para evitar hacer modificaciones posteriores a la construcción de los edificios. En el caso de edificios ya construidos, se debe hacer una inspección detallada para determinar qué características son posibles modificar para mejorar la calidad de la iluminación natural, y de ésta manera, mejorar el confort visual al interior de los edificios. Esta inspección debe realizarse con profesionales capacitados y el equipo especializado necesario, por medio de consultorías en materia de iluminación natural, para garantizar que dicho mejoramiento se lleve a cabo de la manera más acertada posible.

Quedó demostrado que a diferencia de lo que muchos consideran, no sólo es importante la iluminancia dentro de un edificio para determinar la calidad en iluminación natural, sino que también juegan un papel muy importante los rubros de Luminancia y Factor de luz de día.

También se demostró que un pobre factor de mantenimiento puede ser de vital importancia a la hora de querer lograr un confort lumínico adecuado. Es por eso que debe incluirse en los estudios de iluminación natural y darles una importancia equivalente a la iluminancia.

Es posible ver que estos elementos han pasado desapercibidos por mucho tiempo, y resultado de ello es el hecho de que ni el mismo LEED, método de certificación más reconocido a nivel mundial en cuestión de edificios sustentables, toma en cuenta todos estos parámetros para evaluar la luz natural.

La elaboración de la hoja de cálculo abre la posibilidad de ir la mejorando según las necesidades que se tengan. Sin embargo es un primer aporte hacia una mejor evaluación de los parámetros que determinan la calidad en iluminación natural al interior de los edificios.

En este aspecto, sería importante experimentar no sólo con vanos verticales (ventanas) sino también con vanos horizontales (domos y tragaluces). Esto cumple también con el objetivo de dejar un precedente para futuros estudios en materia de calidad en iluminación natural, ya que aún faltaría determinar una infinidad de configuraciones tanto para vanos verticales como horizontales. Las posibilidades son infinitas, y lo mejor sería que cada proyectista, con la configuración, tamaño y tipo de acristalamiento que utilice, pueda, con ayuda de esta herramienta (hoja de cálculo), evaluar con anticipación cómo va a comportarse un tipo de vano en específico. Esto es muy importante, porque finalmente no se trata de corregir errores ya construidos, sino saber con antelación si un elemento que estemos proyectando pueda o no ser beneficioso para lograr un confort lumínico natural ideal para un proyecto determinado.

Recordemos que la Bioclimática, busca satisfacer las necesidades de confort de los usuarios. Dentro de los tipos de confort que se estudian, uno es el confort lumínico, y dentro del confort lumínico, una que ha sido incluso despreciada en los últimos años, es la iluminación natural, a causa de la creación de la luz artificial. En este aspecto, es muy importante volver a los orígenes, pero sin ignorar la tecnología que actualmente tenemos y que podemos aplicar a las obras que proyectamos. Ayudados con dicha tecnología, y volviendo a retomar el tema de la luz natural de manera seria, podremos lograr que cualquier edificio, sin importar a qué uso sea destinado, cumpla con los requisitos lumínicos indispensables, que se traduciría en un menor uso de fuentes artificiales de luz, por consiguiente, menor uso de energía eléctrica, y que esto traería una disminución también en el uso de combustibles fósiles que contaminan el medio ambiente.

GLOSARIO

DE TÉRMINOS



GLOSARIO

- 1) **Aleros:** Parte inferior del tejado, que sale fuera de la pared y sirve para desviar de ella las aguas llovedizas.
- 2) **Arcada:** es un elemento arquitectónico sustentante vertical, compuesto por una sucesión o serie de arcos, que pueden disponerse en un solo orden o en varios superpuestos.
- 3) **Articulaciones masivas:** En arquitectura, vínculo entre las partes componentes de un diseño arquitectónico que poseen una gran masa concentrada.
- 4) **Acimut:** Es el ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico.
- 5) **Bujía pie:** Unidad de iluminación equivalente a la iluminación producida por una fuente luminosa uniforme de una candela de intensidad situada a un pie de distancia, equivale a un lumen por pie cuadrado (lm/pie^2); símbolo: FC.
- 6) **Ciclo circadiano:** Es el ritmo biológico intrínseco de carácter periódico que se manifiesta con un intervalo de 24 horas. En los humanos, el marcapasos circadiano central o reloj biológico, es regulado por señales externas del entorno, de los cuales el más potente es la exposición a la luz-oscuridad.
- 7) **CIE:** Comisión Internacional de Iluminación (CIE, por sus siglas en francés) (Commission internationale de l'éclairage). Es una organización sin fines de lucro que tiene como objetivo lograr una cooperación de intercambio de información en materias relacionadas con la ciencia y arte de la luz y la iluminación; color y visión; fotobiología y tecnología de imagen.

- 8) **Cortisol:** Hormona esteroidea producida por la corteza de las glándulas suprarrenales.
- 9) **Derechos de Luz:** Se refieren a los derechos en materia civil que tienen los propietarios y usuarios de edificios en diferentes ciudades del mundo, a gozar de cierta cantidad luz natural que incide al interior de los espacios que conforman dichos edificios, sin ser obstruidos por construcciones aledañas.
- 10) **Efluvio:** Emisión de partículas sutilísimas.
- 11) **Epistemología:** Teoría de los fundamentos y métodos del conocimiento científico.
- 12) **Equipo fotométrico:** Equipo de medición lumínica para determinar la fotometría de un elemento. A su vez, la fotometría es la ciencia que se encarga de la medición de la intensidad de la luz, como el brillo percibido por el ojo humano.
- 13) **Escala cromática:** Se refiere a las variables de tono que se obtienen mezclando los colores puros con el blanco o el negro, por lo que pueden perder fuerza cromática o luminosidad.
- 14) **Espectro electromagnético:** Es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles.
- 15) **Excentricidad:** Parámetro que mide la desviación de la proyección en la posición de la fuente respecto a la línea de la mirada.
- 16) **Fototerapia:** Tratamiento de ciertas enfermedades por acción de la luz, los rayos infrarrojos o los ultravioleta.

- 17) **Gradiente:** Razón entre la variación del valor de la magnitud en dos puntos próximos y la distancia que los separa.
- 18) **Isolínea:** Línea que une los puntos que tienen el mismo valor en la representación gráfica de un fenómeno.
- 19) **Louver:** Cada uno de un conjunto de lamas inclinadas o tiras planas fijas o colgados a intervalos regulares en una puerta, persiana o pantalla para permitir que el aire o la luz pase a través.
- 20) **Lux:** Unidad de intensidad de iluminación del Sistema Internacional, de símbolo lx, que equivale a la iluminación de una superficie que recibe normal y uniformemente un flujo luminoso de 1 lumen por metro cuadrado.
- 21) **Melatonina:** Hormona producida por la glándula pineal del cerebro que tiene ciertos efectos contra el envejecimiento. Al actuar como antioxidante disminuye los radicales libres que deterioran las células y causan dicho envejecimiento. También participa en la regulación del sueño y estimula las defensas inmunitarias.
- 22) **Metafísica:** Es una de las partes fundamentales de la filosofía que se ocupa del estudio del ser, sus propiedades, principios, causas, y fundamentos esenciales de su existencia, es decir, enfoca su atención hacia todo aquello que trasciende lo meramente físico.
- 23) **Nanómetro:** Medida que en iluminación define las longitudes de onda de toda radiación electromagnética. Equivale a la millonésima (10^{-9}) parte de un metro.
- 24) **Óculo cenital:** Se refiere al hueco redondeado que se crea en una construcción, en la parte más alta de una cúpula o bóveda.

- 25) **Pagano:** Que adora a dioses que, desde la perspectiva de alguna de las tres religiones monoteístas (cristianismo, judaísmo e islam), se consideran falsos.
- 26) **Reflectancia:** Se define como la relación entre la luz reflejada por una superficie entre la luz incidente a esa superficie.
- 27) **Renderizado:** Es un término técnico usado por animadores o productores audiovisuales, y en programas de diseño en 3D, para referirse a una representación resultante de un proceso de generación de una imagen a partir de un modelo.
- 28) **Repetibilidad:** Aptitud de un instrumento de medición, para repetir de manera uniforme la misma medición de la misma pieza, utilizando el mismo sistema de medición, bajo las mismas condiciones.
- 29) **Rotonda:** Templo, edificio, sala o plaza de planta circular.
- 30) **Saliente:** Cualquier miembro de una edificación que tiende a sobresalir de las caras de la misma.
- 31) **Techumbre:** Conjunto de la estructura y elementos de cierre de un techo.
- 32) **UGR:** Radio unificado de deslumbramiento (UGR, por sus siglas en inglés) (Unified Glare Rating). Es un parámetro que mide el grado de deslumbramiento directo producido por una fuente luminosa.
- 33) **Vano:** Se refiere a una abertura que se encuentra en el muro o techo de una construcción concreta. También se le llama hueco o luz, ya que consiste en una abertura en una superficie compacta que permite el paso de la luz solar.

34) **Velocidad de obturación:** En fotografía, corresponde a la velocidad a la que se abre y se cierra el obturador de una cámara. Por su parte, el obturador no es más que el dispositivo que regula el tiempo durante el cual le llega la luz al sensor de la cámara.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS



FUENTES

- 1) García Chávez, J. R. y Díaz, A. (2010); “Potencial de un Sistema de Iluminación Innovador de Alta Eficiencia para el Aprovechamiento de la Luz Natural en Edificaciones Comerciales. Sistemas Lumínicos de Luz Natural de Alta Eficiencia Aplicados en la Arquitectura”; Memorias de ANES 2010; Guadalajara, México, D.F.
- 2) Wilson, Alex (1999); “Daylighting: Energy and Productivity Benefits”; Building Green; Volumen 8, Número 9. Estados Unidos.
- 3) Meek, Christopher and Van Den Wymelenberg, Kevin G. (2012); “Daylight Design in the Pacific Northwest”; University of Washington Press; Universidad de Washington; Estados Unidos
- 4) García Chávez, J.R. (2004); “Integración de Estrategias Bioclimáticas para Obtención de Confort Térmico y Lumínico en Edificaciones Comerciales”; Memorias de ANES; México.
- 5) Advanced Buildings (2008); Core Performance Guide; Universidad de Washington, Universidad de Idaho; Estados Unidos.
- 6) Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008; Guía Informativa; México.
- 7) Yeang, Ken (2001); “El Rascacielos Ecológico”; Ed. Gustavo Gilli; Barcelona; España.
- 8) Edwards, Brian (2004); “Guía Básica de la Sostenibilidad”; Ed. Gustavo Gilli; Barcelona; España.

- 9) García Chávez, J. R., Moyo, R. (2010); "Análisis y Evaluación del Comportamiento de Ductos Lumínicos para el Aprovechamiento de la Luz Natural en un Edificio Deportivo"; Memorias de ANES 2009; Guadalajara, Jalisco, México.
- 10) Lynch, Kevin (1998); "La Imagen De La Ciudad"; Ed. Gustavo Gilli, Barcelona; España.
- 11) Olgyay, Víctor (2008); "Arquitectura y clima: Manual de diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas"; Ed. Gustavo Gilli; 1ª Edición; 5ª Tirada; Barcelona; España.
- 12) Higuera, Esther (2007); "Urbanismo Bioclimático"; Ed. Arquitectura y Diseño + Ecología, Gustavo Gilli; 1ª Edición, 2ª Tirada; Barcelona; España.
- 13) García Chávez, José Roberto (2002); "Estrategias para el Aprovechamiento de la Luz Natural e Integración con Iluminación Eléctrica en Edificaciones en Climas Cálidos para Ahorro de Energía y Confort Lumínico"; Memorias de ANES, México.
- 14) Rodríguez Viqueira et al. (2001); "Introducción a la Arquitectura Bioclimática"; UAM Azcapotzalco; Ed. Limusa; México D.F.; México.
- 15) Fuentes Freixanet, Víctor (2004); "Clima y Arquitectura"; Primera Edición; UAM Azcapotzalco; México D.F.; México.
- 16) Robbins, Claude L. (1986). "Daylighting Design and Analysis". New York: Van Nostrand Reinhold Company; pp. 4–13; Estados Unidos.
- 17) Heerwagen, J.H.; Loveland, J.; Diamond, R. (1992); "Post Occupancy Evaluation of Energy Edge Buildings"; Centro de Planificación y Diseño; Colegio de Arquitectura y Planificación Urbana; Universidad de Washington; Estados Unidos.

Center for Planning and Design, College of Architecture and Urban Planning, University of Washington.

- 18) García Chávez, José Roberto (2013); “Importancia de la Utilización de la Luz Natural en la Arquitectura y su Relación con la Normatividad”; Memorias del Coloquio Internacional de Diseño; Toluca, México.
- 19) García Chávez, Díaz (2012); “The Potential of an Innovative Sunlight System to Improve Luminous Comfort in Buildings. Application of a Specular Sunlight Device in Real Buildings”; PLEA; Lima, Perú.
- 20) Hathaway, W.E.; Hargreaves, J.A.; Thompson, G.W.; Novitsky, D. (1992). “A Study Into the Effects of Light on Children of Elementary School Age—A Case of Daylight Robbery”; Ramo de Política y Planificación; División de Servicios de Planificación e Información; Alberta Education; Alberta; Estados Unidos.
- 21) Liberman, J. (1991). “Light Medicine of the Future”; Bear & Company Publishing; Nuevo México; Estados Unidos.
- 22) Ott Biolight Systems, Inc. (1997b). “If You are Indoors Under Artificial Lights We Have Important News for You!” Ott Biolight Systems, Inc; Santa Bárbara, California; Estados Unidos.
- 23) Schmelkes, Sylvia; (1994). “Hacia una Mejor Calidad de Nuestras Escuelas”; PRODEBAS; Argentina.
- 24) McBeath, Zucker (1938). “Relation of Dental Caries in City Children, to Sex, Age and Environment”; Bion R. East, D.D.D; Nueva York; Estados Unidos.

- 25) Sharon, Feller, Burney; (1972); "The Effects of Lights of Different Spectra on Caries Incidence in the Golden Hamster"; National Center of Biotechnology Information; Maryland; Estados Unidos.
- 26) García Chávez, José Roberto (2012); "Sistemas Lumínicos de Luz Natural de Alta Eficiencia Aplicados en la Arquitectura"; Coloquio Internacional de Diseño; Toluca, México.
- 27) Ulrich, Roger S. (1986); "Human Responses to Vegetation and Landscape"; Landscape and Urban Planning 13: 29-44; Newark; Estados Unidos.
- 28) Nicklas, Bailey (1996); "Energy Performance of Daylit Schools in North Carolina"; Innovative Design, Inc; North Carolina; Estados Unidos.
- 29) Medina, J. M. (2014); "Clasificación Inédita de Catedrales Góticas Españolas en Función de su Iluminación"; Informes de la Construcción, 66 (535); Universidad de los Andes; Bogotá; Colombia.
- 30) Arias Orozco, Silvia (2000); "La Iluminación Natural y el Ahorro de Energía"; IMCYC; México.
- 31) García Chávez, Apolo, J. (2012); "Sistemas de Iluminación de Alta Eficiencia para Obtener Confort Lumínico y Ahorro de Energía en un Edificio de Oficinas"; Memorias de ANES; Cuernavaca, Morelos, México.
- 32) Quispe, Araceli (2014); "Luz Natural – Factor de Luz de Día"; Facultad de Arquitectura y Urbanismo; Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP); Perú.
- 33) García Moreno, Alejandro (2008); "Insolación y hábitat paleolítico en el Valle del Asón (Cantabria, España). Análisis de la influencia de la insolación en los modelos

de ocupación paleolíticos”; Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria (IIIPC); Universidad de Cantabria; España.

- 34) Lewy AJ, Sack RL, Singer CM, White DM (1987) “The phase shift hypothesis for bright light’s therapeutic mechanism of action: theoretical considerations and experimental evidence”; Psychopharmacol; Estados Unidos.
- 35) Lewy AJ, Wehr TA, Goodwin FK, Newsome DA, Markey SP (1980); “Light Suppresses Melatonin Secretion in Humans”; Science; Estados Unidos.
- 36) Espiritu RC, Kripke DF, et al (1994); “Low Illumination Experienced by San Diego Adults: Association with Atypical Depressive Symptoms”; Biol Psychiatry; Estados Unidos.
- 37) García Chávez, José Roberto (2015); “La Normatividad en la Edificación y su Relación con el Confort Lumínico y el Ahorro de Energía en México: Un Enfoque hacia la Sustentabilidad”; Libro Estudios de Arquitectura Bioclimática; Editorial UAM; México
- 38) D. Fresno, C. Pedrejón, A. Benabarre, J. Valle, A. Arrauxo, E. Vieta (2006); “Trastorno Afectivo Estacional”; Reed Elsevier; España.
- 39) Alonso Sánchez, Manuel (2012); “Luz y Visión”; Departamento de Física y Química del IES “Leonardo da Vinci”; Alicante, España.
- 40) García Chávez, et al. (2005); “Introducción a la Arquitectura Bioclimática”; Editorial Limusa; México D.F.
- 41) Mancera Fernández, Mario José (2006); “Iluminación”; Seguridad y Salud en el Trabajo, LTDA; Colombia.

- 42) Del Prado, Josefina; “Factores Fisiológicos de la Visión”; IMF Business School; Madrid, España.
- 43) Westland, Stephen (2001); “¿Qué son la Visión Escotópica y Fotópica?”; Escuela de Diseño, Universidad de Leeds; Gran Bretaña.
- 44) Lam, William M. C., (1986); “Sunlight as Formgiver for Architecture”; Van Nostrand Reinhold Co.; Nueva York; Estados Unidos.
- 45) Lynes, J., (1979); “A Sequence for Daylighting Design”; Lighting Research and Technology; Londres; Inglaterra.
- 46) García Chávez, et al. (2014); “Manual de Arquitectura Solar Sustentable”; Editorial Trillas; México.
- 47) Egan, (1983); “Concepts in Architectural Lighting”; Mc. Graw Hill; Universidad de Minnesota; Estados Unidos.
- 48) Arceo, Daniela (2012); “Lecciones de Luz: Luis Barragán”; Archdaily; México.
- 49) Carlos E. Ochoa, Myriam B.C. Aires, Evert J. Van Loenen, Jan L. M. Hensen (2012); "Considerations on design optimization criteria for windows providing low energy consumption and high visual confort"; Applied Energy Vol. 95, Elsevier; Amsterdam.
- 50) Alfaro, Sara (2011); “Cómo afecta el estrés en el rendimiento académico”; Blogger; El Salvador.
- 51) Advanced Buildings (2015); “Daylight Pattern Guide”; New Buildings Institute; Universidad de Washington, Estados Unidos.

- 52) Ramírez, Samantha (2013); “Antiguas Civilizaciones”; México Identidad y Cultura; México.
- 53) Camacho, Ana Lilia (2013); “Fisiología de la visión, y tips en el tratamiento de pacientes invidentes”; Seminario de Diagnóstico Integral; UNAM; México.
- 54) Fernández, German (2012); “Espectroscopía Visible – Ultravioleta”; Química Orgánica, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- 55) Quirk, Vanessa (2013); “The 8 Things Domestic Violence Shelters Can Teach Us About Secure School Design”; Archdaily; Estados Unidos.
- 56) Kuilman, Marten (2013); “Quadralectic Architecture”; Falcon Press; Amsterdam, Holanda.
- 57) García Álvarez, Miguel (2010); “El efecto Purkinje: Cómo ve nuestro ojo en la oscuridad”; Recuerdos de Pandora; Segovia.
- 58) ETSI, Telecomunicación (2007); “Psicofísica de la visión”; Universidad Politécnica de Madrid; Madrid, España.
- 59) Fraga Iluminación (2010); “Factores que influyen en la visión”; Fraga Iluminación, Argentina.
- 60) Taboada, J. A. (1979); “Manual de Luminotecnia”; Editorial Dossat, ORAM; 4ª Edición, España.
- 61) Le Corbusier (1977); “Hacia una arquitectura”; Editorial Poseidón; 2ª edición; Barcelona, España.
- 62) Mancera Ruiz, María Teresa (2008); “Iluminación”; Mancera Seguridad e Higiene; Bogotá, Colombia.

- 63) Tapia, Antonia (2014); "Iluminación natural en los espacios arquitectónicos"; Constructor eléctrico; México.
- 64) Clemente Cristóbal, Aníbal (2015); "Descubren la influencia de la insolación para elegir asentamiento en las sociedades del Paleolítico"; Arte y Arqueología, España.
- 65) Kahn, Louis (1961); "Form and Design"; Forum Lectures; Voice of America; Architectural Design; Londres, Inglaterra.
- 66) Flores, Vanessa (2015); "Tadao Ando: La luz y su propuesta arquitectónica"; Plus l'architecture; México.
- 67) Demers, Claude MH (1998); "Qualities of light and space: Contrast as a global integrator"; École d'Architecture, Faculté d'Aménagement d'Architecture et des Arts Visuels; Université Laval; Québec; Canadá.
- 68) Arquitectura Sensorial (2015); "Sistemas AVI"; Antioquia, Medellín; Colombia.
- 69) Véliz Gómez, Boris (2006); "Iluminación natural: la luz, confort, métrica y diseño"; Arquitectura Véliz; Instituto Valenciano para la Edificación; España.
- 70) Arias Orozco, Silvia, Ávila Ramírez, David Carlos; "La iluminación natural en la arquitectura: en climas semitemplados"; Centro de Investigaciones en Ergonomía, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño; Universidad de Guadalajara; México.
- 71) EXTECH (2013); "Manual del usuario: Luxómetro Digital Registrador para Servicio Pesado con interfase para PC, Modelo HD450"; Flir Systems, Inc.; New Hampshire, Estados Unidos.
- 72) NIKON (2016); "User's manual: Nikon D600", Estados Unidos.

- 73) <http://lightcronical.blogspot.mx/2010/02/iluminacion-de-espacios-para-la.html>
- 74) <http://www.integrateddesignlab.com/>
- 75) <http://idlboise.com/>
- 76) <http://www.weforum.org>
- 77) <http://www.parro.com.ar>
- 78) <http://www.guiasalud.es>
- 79) <http://www.cie.co.at>
- 80) <http://www.encyclopediadelasalud.com>
- 81) <http://www.espectrometría.com>
- 82) <http://media4.obspm.fr>
- 83) <http://es.thefreedictionary.com>
- 84) <http://es.gdict.org>
- 85) <http://www.arkigrafica.com>
- 86) <http://www.arqhys.com>
- 87) <http://www.brainlyquote.com>
- 88) <http://www.azquotes.com>

FRANCISCO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

A R Q U I T E C T O



CURRÍCULUM VITAE

DATOS PERSONALES:

NOMBRE: Francisco Ramírez Rodríguez

LUGAR DE NACIMIENTO: México D.F.

ESTADO CIVIL: Soltero

DOMICILIO PARTICULAR: Alonso Mariscal No. 2, Circuito Arquitectos, Ciudad Satélite, Naucalpan de Juárez, Estado de México.

TELÉFONO: 5393-49-43

CEL: 55-55-07-13-80

E-MAIL: arquifram@hotmail.com, arquifram@gmail.com

RESUMEN:

Profesionista, creativo, dedicado y flexible, con más de 10 años de experiencia en el área la construcción y diseño de diferentes tipos de edificaciones, especializado en arquitectura sustentable. Certificado por ISO 14001 y por el Instituto Mexicano del Edificio Sustentable. Más de 10 años de experiencia como traductor e intérprete en importantes eventos culturales.

FORMACIÓN ACADÉMICA:

PRIMARIA:	Chapultepec Heights School (Institución Bilingüe) (1984 – 1989)
SECUNDARIA:	Robert F. Kennedy (Institución Bilingüe) (1989 – 1991)
PREPARATORIA:	ITESM-CEM, Programa Bicultural (1992 – 1995)
PROFESIONAL:	UANL, Facultad de Arquitectura CARRERA: Arquitecto (1998 – 2005)
POSGRADO:	UAM, Azcapotzalco Especialidad en Arquitectura Bioclimática (2012 - 2013)
CÉDULA PROFESIONAL:	4867488

OTROS CURSOS:

Université Catholique de l'Ouest
Idioma Francés
Angers, Francia
(Oct. 1995 – Jun. 1996)

Congresos Varios
(1996 – Actual)

UANL, Facultad de Arquitectura
Valuación Integral
(Abril – Junio 2005)

Instituto Mexicano del Edificio Sustentable (IMES)
Curso de Introducción al Proceso de Certificación LEED
Santiago de Querétaro
(Noviembre 2010)

Instituto Mexicano del Edificio Sustentable (IMES)
Curso MEES I (Método de Evaluación de Edificios Sustentables)
Ciudad de México

(Diciembre 2010)

Instituto Mexicano del Edificio Sustentable (IMES)
Curso MEES II (Método de Evaluación de Edificios Sustentables)
Ciudad de México
(Febrero 2011)

Instituto Mexicano del Edificio Sustentable (IMES)
Curso ISO 14001
Santiago de Querétaro
(Marzo 2011)

EXPERIENCIA LABORAL:

Diseño Arquitectónico (varios)
Proyectos de diseño y construcción desde remodelaciones e interiorismo,
hasta urbanismo.
(Monterrey, México DF, Estado de México)
(2002 – Actual)

Supervisión y mantenimiento de proyectos (edificios varios)
(Monterrey, México DF, Estado de México)
(2002 – Actual)

Newlight S.A. de C.V.
Coordinador de proyectos de iluminación entre China y México, proyectista
Naucalpan de Juárez, Estado de México
(Septiembre 2009 – Octubre 2010)

Universidad de Cuautitlán Izcalli
Docente
Cuautitlán Izcalli, Estado de México
(Septiembre 2009 – Actual)

Organizador, traductor e intérprete en los Simposiums Internacionales de Arquitectura y Diseño Industrial

UANL, Facultad de Arquitectura
San Nicolás de los Garza, N.L.
(Noviembre 2001 – Octubre 2005)

Traductor de diferentes documentos como apoyo a programas de convenio

UANL, Facultad de Arquitectura
San Nicolás de los Garza, N.L.
(Noviembre 2001 – Octubre 2005)

CONOCIMIENTOS GENERALES:

IDIOMAS: Inglés (100%) (Oral y escrito)
Francés (75%) (Oral y escrito)

CONOCIMIENTOS: Cómputo en:
Office
Autocad
Revit
Dialux
Corel Draw
Photoshop
Ecotect

CONCURSOS:

Concursos varios a nivel internacional
(1998 – 2006)

Repentina: Casa habitación
(Julio 2000)
5º Lugar

UANL, Facultad de Arquitectura
Concurso de Dibujo Arquitectónico
(Octubre 2000)
2º Lugar